

# *Trabajo de Diploma*

## *Ingeniería Industrial*

**Título:** Propuesta de procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial. Caso de estudio: Empresa de Productos Lácteos Escambray

**Autora:** Lien Turiño Duardo

**Tutores:** Dr. Eduardo López Bastida  
Ing. Maidelis Curbelo Martínez  
Ing. Leandro Rodríguez Monteagudo

A dynamic splash of white liquid, likely milk, is captured in mid-air against a light, neutral background. The splash originates from the left side of the frame and moves towards the right, creating a sense of motion. The liquid is rendered with soft shading and highlights, giving it a three-dimensional appearance. The edges of the splash are irregular and organic, with several small droplets trailing behind the main body of liquid. The overall composition is clean and minimalist, focusing on the natural form and movement of the liquid.

*Pensamiento*



*“Utilícese toda la ciencia necesaria para un desarrollo sostenido sin contaminación. Páguese la deuda ecológica y no la deuda externa. Desaparezca el hambre y no el hombre”*

*Fidel Castro Ruz (12 de junio 1992)*

A dynamic splash of white liquid, likely milk, is captured in mid-air against a light, neutral background. The splash originates from the left side of the frame and moves towards the right, creating a sense of motion. The liquid is rendered with soft, realistic shading and highlights, giving it a three-dimensional appearance. The edges of the splash are irregular and organic, with several smaller droplets trailing behind the main body of the liquid. The overall composition is clean and minimalist, focusing on the natural beauty and texture of the liquid.

*Dedicatoria*

## *Dedicatoria*

*A mis padres y hermano, por ser personas dedicadas, correctas y dotados de muy buenos sentimientos. Particularmente a mi **mamá** por su consagración y ser ejemplo de lucha sin cansancio; a mi **papá** por estar siempre tan pendiente de mí y que su mundo gire a mi alrededor; a mi **hermano** porque siempre ha querido mi bien estar. En general a los tres por darme cariño, educarme del modo que lo han hecho y nunca esperar, reclamar, ni pedir nada a cambio; y es precisamente por eso que son lo más grande y primero en mi vida...*

A dynamic splash of white liquid, likely milk, is captured in mid-air against a light, neutral background. The splash originates from the bottom left and moves towards the center, with several droplets and a main body of liquid. The word "Agradecimientos" is written in a black, cursive font across the lower right portion of the splash.

*Agradecimientos*

## *Agradecimientos*

*Doy gracias a Dios por:*

*Que mi hogar esté compuesto por personas tan comprensivas, dispuestas e incondicionales (ustedes son el Tesoro más preciado que tengo)...*

*Poner en mi camino a Yoan; una persona a la que quiero mucho, que llegó a mi vida solo para hacerme feliz y vivir momentos únicos que perdurarán en mí por siempre. Gracias por el apoyo, aliento y comprensión.*

*Tener cerca a Mayelín ya que me ha ofrecido mucho apoyo en momentos importantes y difíciles...*

*Darme las mejores amigas que cualquier persona pudiera desear, ya que me apoyan y están a mi diestra en todo momento. Gracias Mariam, Annia, Yipsy y Wendy por ocupar en mi vida ese lugarcito tan exclusivo, y yo también sentirme que ocurre lo mismo en ustedes.*

*Mis compañeros de aula, con los que compartí experiencias inolvidables durante los cinco años y por todo el tiempo que pasamos juntos, en especial mi equipo de trabajo y de proyecto (Ana, Olaidys, Dania, Raiza, Michel, Randel, Raúl y Roberto). Nunca podré olvidar los momentos que pasamos juntos, hayan sido de alegría o discordia...*

*Contar con unos tutores responsables y sagaces, los que me han brindado apoyo durante toda la investigación y contribuido a los logros alcanzados en mi tesis...*

*Los profesores por contribuir en mi formación profesional, a todos les agradezco su entrega, profesionalidad y sabiduría. A Berlan Rodríguez,*

## Agradecimientos

*Milagros Mata, Matilde por atenderme tan dispuestos durante este período.*

*Las personas tan atentas que me ayudaron en la empresa: Yimi, Leandro, Yanela, Daimy, Lázaro, Benigno y Liosdany.*

*A las trabajadoras de la Unidad de Gestión del CITMA, en especial a Carmen por tratarnos tan bien todas las veces que lo necesitamos...*

*A mi tío Nelson por ofrecermé sus conocimientos de construcción, que a pesar de no estar relacionados directamente con la Ingeniería industrial, fue necesario aprender del tema...*

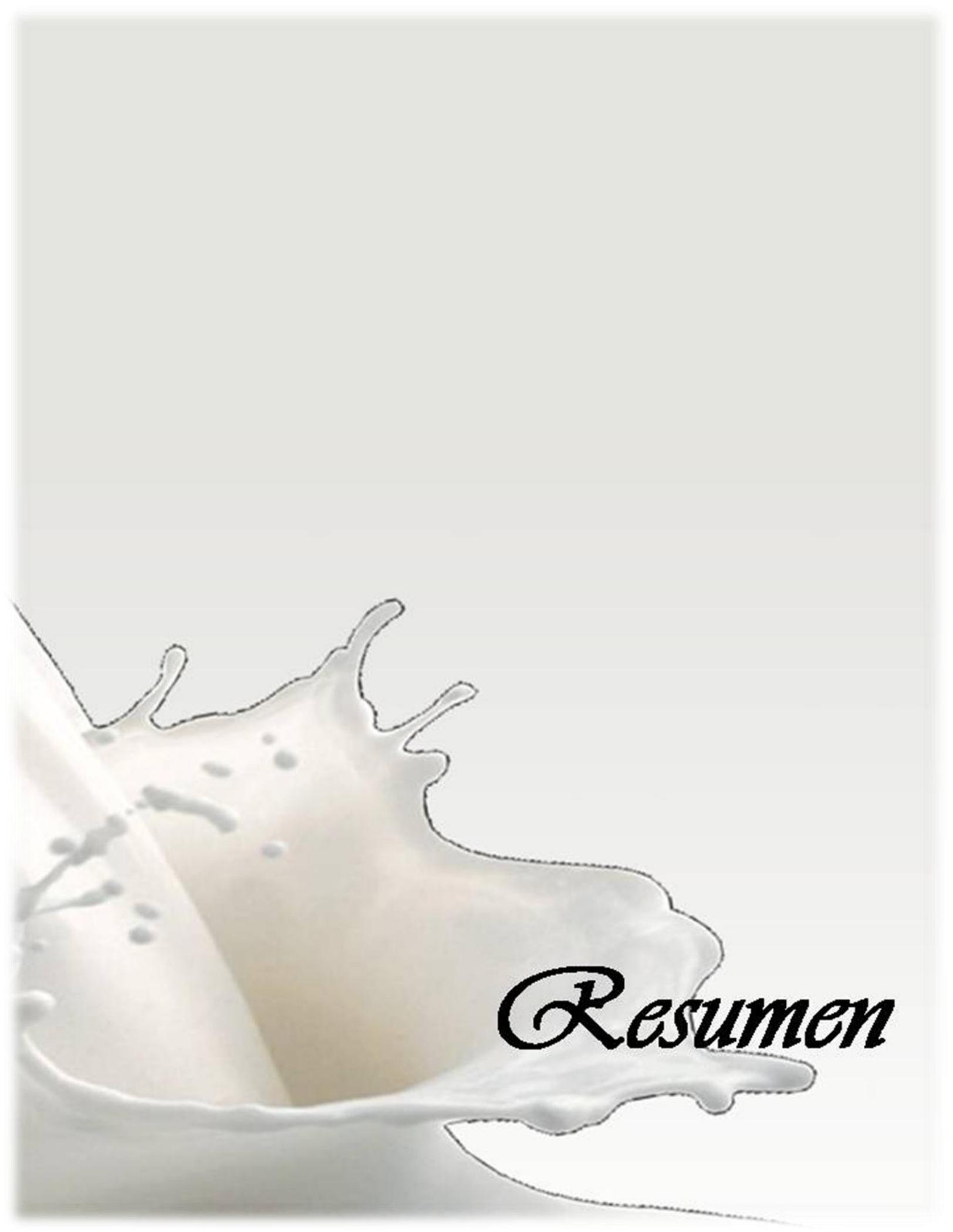
*A Nerida y Niurka que me brindaron su ayuda, pero principalmente las gracias es por lo amables y buenas personas que son.*

*Que Danilo haya sido tan generoso y me ayudara en momentos que realmente me hicieron falta...*

*Mis nuevas amistades Beatriz y Damavys, que a pesar de nuestras diferencias de edad nos entendemos bien.*

*Que Genny y Roberto me ayudaran en con mi inglés...*

*Haber conocido tantas personas que a lo largo del tiempo han estado a mi lado; a las que no están, por haber cumplido su función en su momento y por consiguiente han sido partícipes de este sueño hecho realidad (Título de Oro) y a las que aún continúan en mi presente, eso los hace aún más especial; de las cuales no hace falta hacer mención porque ellas saben quiénes son y no terminaría jamás de escribir los nombres de tantas personas importantes.*



*Resumen*

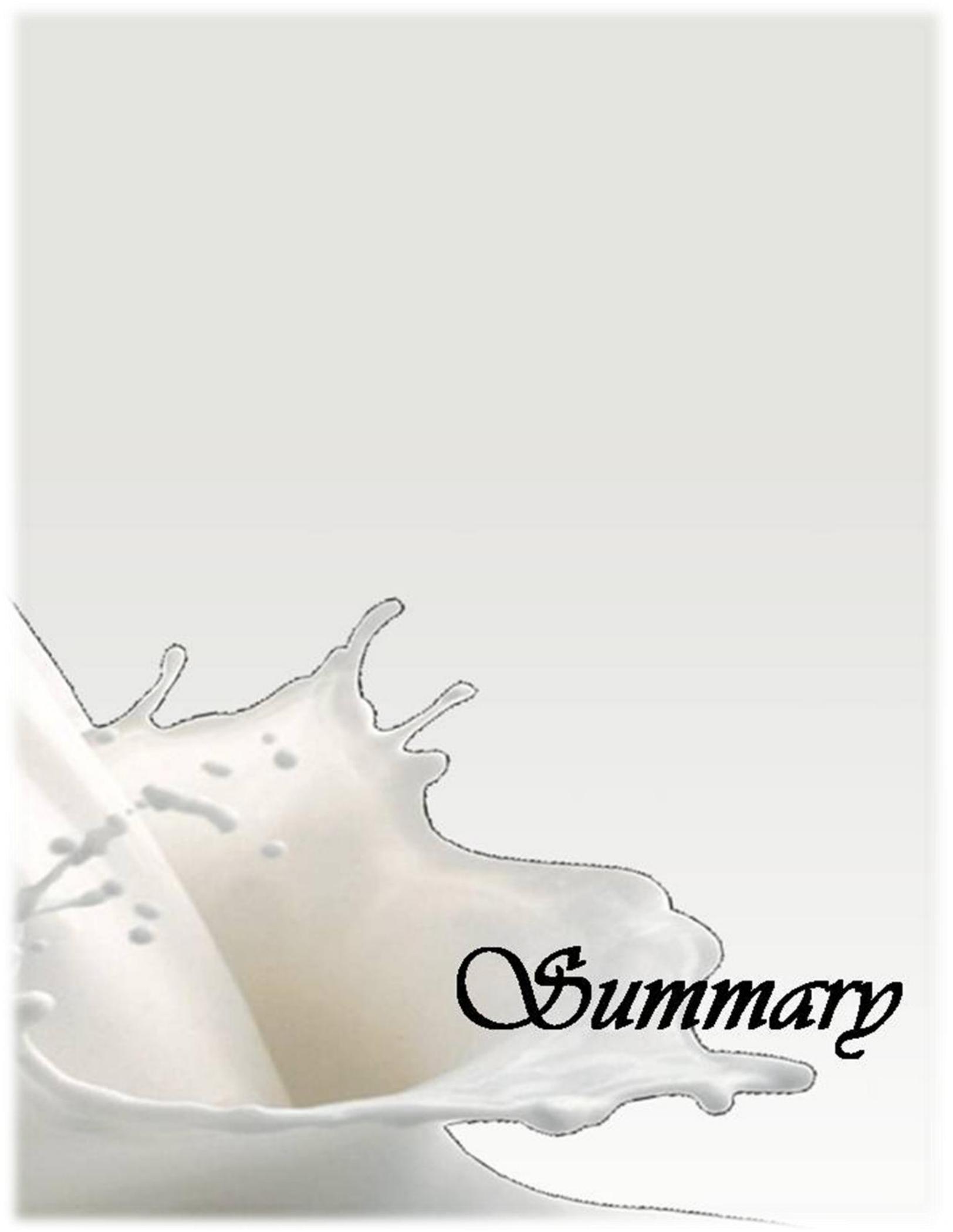
## Resumen

---

### Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal diseñar un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial utilizando como caso de estudio la Empresa de Productos Lácteos Escambray. Se utilizan técnicas y herramientas, tales como: tormenta de ideas, consulta de documentos, entrevistas, listas de chequeo, formularios, observación directa, balances de masa y energía, indicadores de desarrollo sostenible (Huella Ecológica Corporativa y Huella Hídrica) y se realizan evaluaciones económicas a través del cálculo del VAN, TIR, IR y PRI. Además se emplean técnicas estadísticas como cartas de control y análisis de regresión. Para la colecta de datos se toma el 2012 como año base de estudio y se emplea para procesamiento el paquete de programa estadístico IBM SPSS Statistics versión 19.0, Statgraphics Centurion XV.II; del mismo modo el Software para el Cálculo de la Huella Ecológica, Microsoft Excel y el gestor bibliográfico Zotero. De la implementación del procedimiento se tiene como resultado cardinal la identificación y diagnóstico de los residuos, asimismo investigar en qué pueden ser estos usados para su aprovechamiento y con ello formular un conjunto de acciones de mejora que le permitan a la empresa optimizar recursos y cerrar el ciclo de la organización. Se recomienda finalmente considerar las propuestas de mejoras y fomentar los estudios de esta índole en otras industrias del país.

**Palabras claves:** ecología industrial, procedimiento, gestión, responsabilidad ambiental, aprovechamiento de residuos.



*Summary*

## Summary

---

### Summary

This research has as main objective to design a procedure for the management of Industrial Ecology as a case study using the Escambray Dairy Company. Techniques and tools are used, such as brainstorming, consultation documents, interviews, checklists, forms, direct observation, mass and energy balances, sustainable development indicators (Corporate Ecological Footprint and Water Footprint) and assessments made economic through calculate the NPV, IRR, IR and PRI. Also used statistical techniques such as control charts and regression analysis. For data collection takes 2012 as the base year of study and is used to processing the statistical software package SPSS Statistics version 19.0, Statgraphics Centurion XV.II, the same way the Software for the Calculation of the Ecological Footprint, Microsoft Excel and Zotero reference manager. The implementation of theme thod makes it possible to identify and diagnose the waste also investigate how these can be used for utilization and thus formulate a set of improvement actions that will enable the company to optimize resources and close the cycle of the organization. It finally recommends considering proposals for improvements and promote such studies in other industries.

**Keywords:** industrial ecology, procedure, waste, environmental responsibility, use of residues.

A dynamic splash of white liquid, likely milk or cream, is captured in mid-air against a light, neutral background. The splash originates from the left side of the frame and moves towards the right, creating a sense of motion. The liquid is rendered with soft shading and highlights, giving it a three-dimensional appearance. The edges of the splash are irregular and feathered, with some smaller droplets trailing behind the main body of the liquid. The overall composition is clean and minimalist, focusing on the natural texture and movement of the liquid.

*Índice*

### Índice

<b>Introducción</b> .....	10
<b>Capítulo I: Marco teórico referencial</b> .....	15
1.1 Ecología Industrial, evolución histórica y conceptualización .....	16
1.2 Principales enfoques teóricos de la Ecología Industrial .....	19
1.3 Metas e importancia de la Ecología Industrial .....	27
1.3.1 Beneficios y limitaciones de la Ecología Industrial .....	29
1.4 Herramientas de Ecología Industrial.....	30
1.5 Aplicaciones de la Ecología Industrial .....	31
1.5.1 Caso de Kalundborg Dinamarca, primer parque eco-industrial del mundo .....	32
1.5.2 Casos de Cuba .....	32
1.5.2.1 Opciones de Producción más Limpia y prevención de la contaminación en la Industria Láctea.....	34
1.6 Residuos en la Industria Alimenticia .....	38
1.6.1 Residuos en la Industria Láctea .....	40
1.7 Conclusiones parciales del capítulo I.....	41
<b>Capítulo II: Procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial</b> .....	43
2.1 Descripción del procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial .....	43
2.2 Valoración de la pertinencia de la implementación del procedimiento diseñado a través del Criterio de Expertos .....	61
2.2.1 Resultados de la valoración de la pertinencia de la implementación del procedimiento diseñado.....	62
2.3 Conclusiones parciales del capítulo II.....	63
<b>Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray</b> .....	65
3.1 Implementación del procedimiento diseñado para el desarrollo de la investigación.....	65
3.2 Conclusiones parciales del capítulo III.....	97

## Indice

---

**Conclusiones Generales** ..... 100

**Recomendaciones** ..... 102

**Bibliografía**

**Glosario**

**Anexos**

A dynamic splash of white liquid, likely milk, is captured in mid-air against a light, neutral background. The splash originates from the bottom left and moves towards the center, with several droplets trailing behind it. The liquid has a soft, creamy texture and is outlined with a thin, dark, irregular border that follows its shape. The overall composition is clean and minimalist.

# *Introducción*

## Introducción

---

### Introducción

Desde hace varias décadas ha existido una creciente preocupación por el impacto de la actividad humana sobre el medio ambiente, en su calidad de receptor de los residuos de las actividades humanas y de proveedor de los recursos materiales y energéticos requeridos. Dicha actividad ha producido a través de los años efectos y alteraciones en los sistemas naturales.

Los altos consumos de energía no renovables, de agua, materias primas e insumos se unen al incremento de la generación de residuos y emisiones, que provocan además cuantiosas pérdidas económicas en el sector industrial y social. Tanto los residuales albañales o domésticos como los industriales y agropecuarios, unido a las entidades emisoras de gases y partículas a la atmósfera provocan daños a la salud humana, a los ecosistemas naturales sobre los que se disponen y en general al medio ambiente (Unidad de Gestión del CITMA, 2011).

La necesidad de actuar a favor de un desarrollo más respetuoso con el medio ambiente y con el ser humano se ha convertido actualmente en un parámetro ineludible para nuestra sociedad; ya sea mediante la normativa o por la presión social, la empresa se ve obligada en la actualidad a reforzar su política en materia de desarrollo sostenible y una de las posibles maneras de hacerlo es inspirarse en los procesos ecológicos. Por lo general, se trata de unos procesos eficientes, puesto que sus residuos se reintegran totalmente como materia prima o fuente de energía en los sistemas naturales. Los organismos vivos habitan, de este modo, en total armonía con su medio al utilizar de forma eficaz los recursos del medio y al llevar a cabo intercambios que favorecen una utilización óptima del medio en el cual se encuentran (Tyl, 2011).

De la década de los noventa hasta la actualidad, en un intento de aprender de la naturaleza y de aplicar a los procesos productivos las estrategias que ésta ha ido desarrollando, el concepto de Ecología Industrial se ha consolidado incluyendo los tres sectores del desarrollo sostenible. Según plantea Cervantes (2009) la Ecología Industrial es una *“visión interdisciplinaria que intenta asimilar el funcionamiento de los ecosistemas industriales al de los naturales, con una interrelación entre industrias, el medio social y natural que tienda a cerrar el ciclo de materia y a hacer eficientes los procesos internos”*. Es por ello, que este enfoque representa la puerta hacia una nueva forma de pensar y actuar que conduce hasta la meta del desarrollo sostenible.

## Introducción

---

La Ecología Industrial en el mundo constituye una vía que puede combinar los distintos planteamientos económicos, ya que en principio la lógica de producción de este sector representa la parte “dura” del modelo de acumulación predominante, pero por otro lado, también permite vislumbrar en el mediano y largo plazo, el diseño de esquemas de producción y consumo que evolucionen hacia la preservación de los recursos naturales y que reduzcan el impacto negativo sobre el medio ambiente; al mismo tiempo existen posibilidades de que se presenten ventajas de tipo económico para las empresas, lo cuales favorecería al enfrentar la competencia que impone un mundo globalizado (Carrillo González, 2009).

Para Cuba constituye una prioridad elevar la calidad medioambiental, basada en la concepción integral del desarrollo sostenible, objetivo que pretende lograr la Ecología Industrial mostrando a las empresas, sectores y ministerios un nuevo camino para alcanzarlo; por esta razón, la ecología industrial es considerada como el “caja de herramientas para el desarrollo sostenible” o “la ciencia de la sostenibilidad”. Ello con la participación oportuna y efectiva de los Órganos de la Administración Central del Estado.

Cada sector en particular genera residuos en diferentes porcentajes de acuerdo con los tipos de productos que fabrican y la industria alimenticia es precisamente uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, bien sea por sus procesos o por los diferentes productos que salen al mercado ya que se incluye una amplia diversidad de materias primas, productos, niveles de procesamiento y tecnologías.

Cada día es más evidente la importancia del perfeccionamiento de la industria alimenticia en el país con el objetivo de satisfacer las necesidades de la población y obtener ganancias a partir de un mejoramiento en la calidad de las materias primas y en el logro de una producción limpia donde no existan peligros potenciales para el medio ambiente.

En la provincia de Cienfuegos son disímiles las industrias cuyo objeto social consiste en la producción de alimentos, las cuales generan contaminación ambiental producto al vertimiento de sus residuos líquidos tributando los mismos directa o indirectamente a la Bahía, cuerpo receptor considerado reserva natural y de gran relevancia para el territorio y la nación. Ello ha provocado que en la misma se originen problemas ambientales que se reflejan en olores desagradables, afectaciones al paisaje, deterioro sanitario, así como la afectación de la biodiversidad.

## Introducción

---

De las problemáticas planteadas en la Estrategia Ambiental del Ministerio de la Industria Alimenticia sobre los principales problemas ambientales que presenta este sector, tales como: la contaminación de las aguas terrestres y marinas por el vertimiento de los residuales líquidos industriales; la contaminación de la atmósfera, por emanaciones de gases, polvo, hollín y malos olores; además de la generación y disposición de residuos sólidos, las industrias productoras de alimentos derivados de lácteos no quedan excluidas, como es el caso de la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Es cardinal destacar que en la industria de productos lácteos, como ocurre también en la empresa en estudio, los residuos líquidos son el principal problema, debido a su alta carga orgánica y grandes volúmenes generados. Según Zaror Zaror (2000) es en el agua donde más evidente se hace la contaminación por las grasas, proteínas, sales, sólidos suspendidos y sólidos disueltos. Mientras que los residuos sólidos generados por este tipo de industrias son de menor importancia en cantidad y calidad porque provienen fundamentalmente de las operaciones de envasado y empaçado (ej.: cajas, envases plásticos, bolsas plásticas, botellas). También se encuentran los residuos gaseosos, que estos provienen de las calderas, requeridas para generar el vapor utilizado en las operaciones de pasteurización y secado. La composición de los gases de combustión depende del tipo de combustible utilizado.

La Empresa de Productos Lácteos Escambray se encuentra identificada entre las que afecta al ecosistema de la bahía cienfueguera debido a que las aguas residuales dispuestas presentan alta carga contaminante. La misma se halla enfrascada en desarrollar un trabajo exhaustivo en cuanto a la mitigación de los impactos ambientales que generan sus procesos, producto a que la situación ambiental actual de esta empresa constituye un problema debido a:

- 🌍 Es una de las empresas que constituyen focos contaminantes en el municipio de Cumanayagua (tercer municipio con mayor cantidad de focos contaminantes en la provincia) y vierte sus residuos a la cuenca Arimao, tercer ecosistema más afectado.
- 🌍 Ocupa la primera posición de empresas pertenecientes al MINAL que generan y disponen mayor DBO<sub>5</sub> a dicha cuenca; por lo que está entre las que más afecta al ecosistema marino de la Bahía cienfueguera siendo la carga orgánica generada de 73 ton/año.
- 🌍 Se consume en el 2012 un total de 277 510 m<sup>3</sup> de agua, habiendo aumentado de 12 480 m<sup>3</sup> con respecto al año anterior, representando esto un gasto de 83 253.00 CUP

que se elevaría hasta 430 140,50 CUP para el 2014; debido al aumento del precio del agua.

- 🌍 Con respecto al 2011 hay un aumento en el consumo de Energía Eléctrica de 97,35 MWh.
- 🌍 La empresa dispone 114 998,17 m<sup>3</sup> de residuales (agua) por derrame innecesario en el 2012 correspondiente a las plantas de helado y queso representando el 41,44% del total de agua que consume la empresa, ocasionando un gasto de 34 499,45 CUP por este concepto. También fueron vertidos a residuales otros líquidos como: suero y agua hiladura, ocasionando que no ingresen 37 410 CUP a la empresa.

Además, la dirección de la empresa se encuentra proyectada a certificar su Sistema Integrado de Gestión en función de solucionar sus problemas ambientales, donde los resultados de la investigación contribuirán a alcanzar dicha meta. También se encuentra inmersa en el cumplimiento de los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución aprobados en el VI Congreso del PCC. Es por ello que las propuestas de la presente investigación tributan de manera objetiva a ocho lineamientos presentes en tres políticas, tales como:

- 🌍 V. Política de Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente (L-133, 135, 136 y 139)
- 🌍 VIII. Política Industrial y Energética (L-215, 219, 220)
- 🌍 XI Política para las Construcciones, Viviendas y Recursos Hidráulicos (L-300)

De ahí la necesidad de realizar estudios encaminados a analizar los residuos de la empresa desde la recepción de la materia prima hasta la elaboración del producto para proponer soluciones, atenuando así su impacto ambiental y económico.

Lo anterior constituye la **situación problémica** que identifica la presente investigación.

Basado en los aspectos abordados se plantea el siguiente **problema de investigación**:  
¿Cómo contribuir a la mejora de los indicadores de desarrollo sostenible en la Empresa de Productos Lácteos Escambray?

El **Objetivo General** de la investigación es: Diseñar un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial utilizando como caso de estudio la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Para el cumplimiento de este objetivo es necesario llevar a cabo los siguientes **objetivos específicos**:

1. Validar la pertinencia del procedimiento propuesto según el criterio de los expertos.

## Introducción

---

2. Implementar el procedimiento propuesto en las plantas de helado y queso de la Empresa de Productos Lácteos Escambray.
3. Proponer un conjunto de acciones de mejora que contribuyan a mitigar el impacto ambiental y económico de la producción de helado y queso.

La **justificación de la investigación** está dada por el interés que se tiene en la actualidad de que las empresas tengan una mayor responsabilidad ambiental y busquen alternativas más rentables para el manejo y consumo de materias primas, agua y portadores energéticos; haciendo énfasis en la prevención de la contaminación, la minimización, reutilización, reducción y reciclaje de residuos, como principales opciones para disminuir las cargas contaminantes dispuestas al medio ambiente. Además la implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray, aporta beneficios económicos y ambientales al aminorar sus residuales y consumo de los elementos antes mencionados ya que se propone un conjunto de acciones de mejora encaminadas a mitigar las afectaciones que esta provoca al ecosistema marino de la Bahía y al entorno, así como la promoción de formas productivas sostenibles.

### Hipótesis

El diseño de un procedimiento para la gestión de la ecología industrial contribuirá a realizar un análisis preliminar de los indicadores de desarrollo sostenible y proponer acciones de mejora que posibiliten la mitigación de la contaminación ambiental en las plantas de helado y queso de la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

### Definición de variables

Como variable independiente se declara en la investigación:

-  Procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial.

Entendida como: Forma específica de llevar a cabo una actividad o conjunto de actividades. Se sustenta en un soporte documental. En el caso de la presente investigación se está definiendo una forma específica de llevar a cabo buenas prácticas que posibiliten cambiar la forma de operar de las industrias, de un sistema lineal a uno cíclico, la relativa reducción en el uso de materiales, además una disminución en la generación de residuos, pudiendo enmarcarse en un ámbito nacional, provincial, sectorial u organizacional.

Como variables dependientes en la investigación se identifican:

-  Indicadores de desarrollo sostenible: herramienta que posibilita medir el grado de avance de la industria con respecto al bienestar humano y al de los ecosistemas.

- 🌍 Acciones de mejora que posibiliten la mitigación de la contaminación ambiental: conjunto de medidas propuestas encaminadas hacia las producciones más limpias, la ecoeficiencia, buenas prácticas de manejo de materias primas, agua y energía, así como el cierre del ciclo de materia mediante el aprovechamiento de los residuos.

### Tipo de investigación

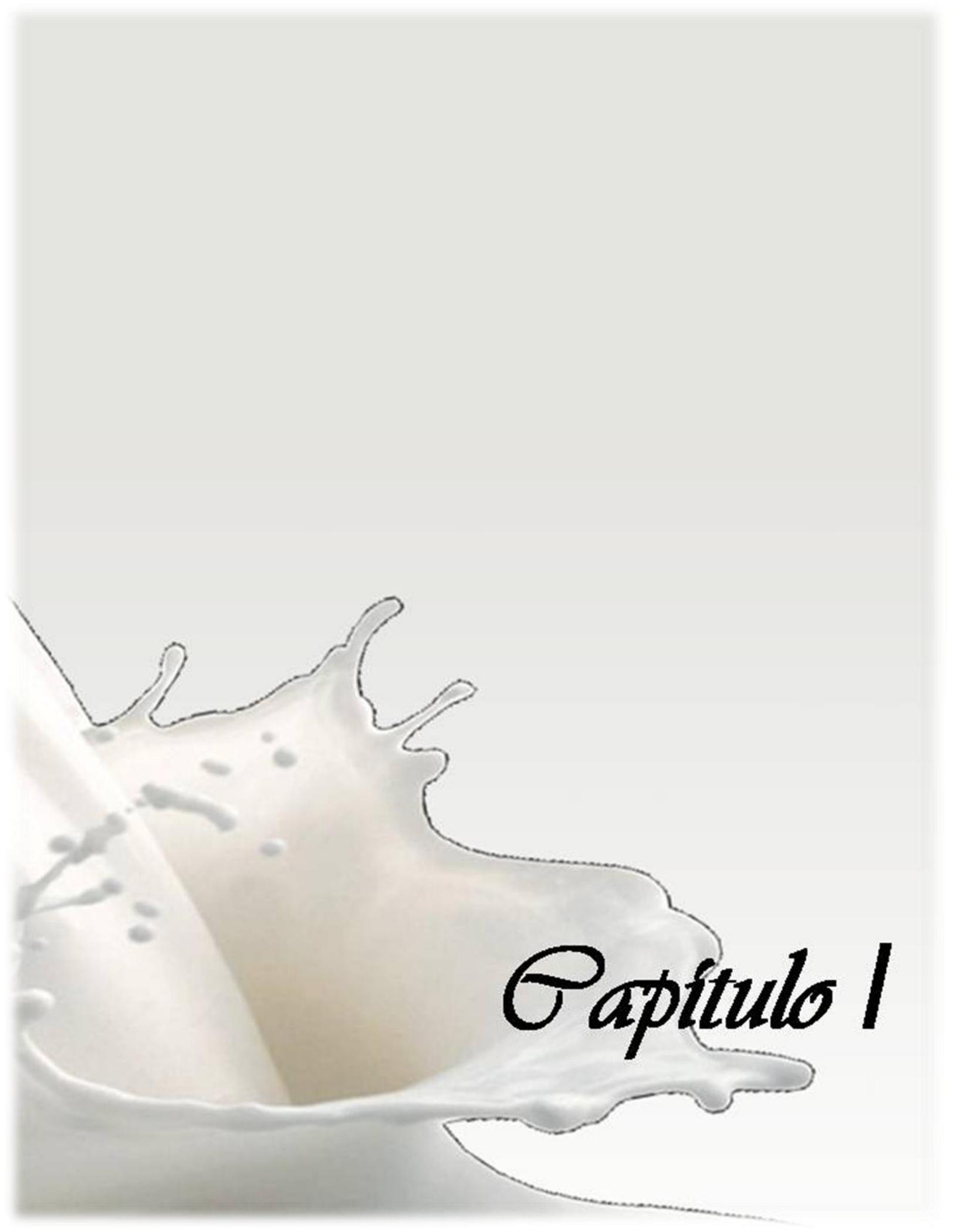
La investigación es descriptiva, debido a que se necesita la recopilación de datos relacionados con las entradas y salidas del proceso de producción (materia primas, energía, agua, residuos y emisiones), lo cual servirá para identificar y cuantificar los residuos que se generan, proponer el aprovechamiento de estos y planes de acción para lograr la mitigar el impacto ambiental. A su vez es correlacional siendo la utilidad y el propósito principal de los estudios correlacionales saber cómo se puede comportar una variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas.

Para su presentación, el trabajo queda estructurado de la siguiente forma:

En el **capítulo I** se tratan aspectos relacionados con la Ecología Industrial, haciendo énfasis a su conceptualización y evolución histórica, así como a sus diferentes enfoques. Además se aborda sobre la importancia, beneficios y limitaciones de la misma, de igual forma se exponen las diferentes herramientas que posee y se presentan algunos de los casos más difundidos.

En el **capítulo II** se divide en dos acápites fundamentales, en un primer momento se presenta la propuesta de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial, teniendo en cuenta sus enfoques teóricos y, posteriormente se valora la pertinencia de la implementación del mismo a través del criterio de expertos.

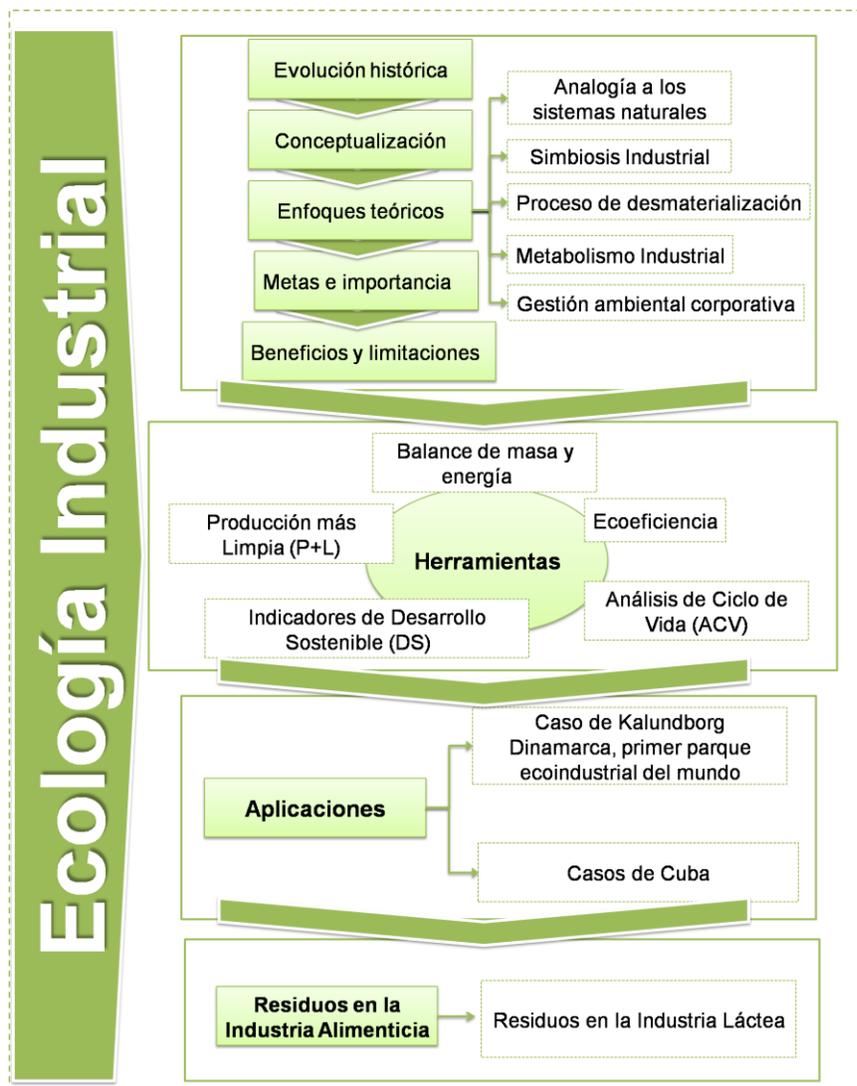
En el **capítulo III** se implementa la secuencia metodológica de etapas y pasos que conforman el procedimiento para la gestión de la ecología industrial, tomando como objeto de estudio la Empresa de Productos Lácteos Escambray específicamente los procesos productivos de helado y queso. El mismo es una herramienta de gestión que contribuye, a proponer opciones de mejora encaminadas hacia las producciones más limpias, la ecoeficiencia, buenas prácticas de manejo de materias primas, agua y energía, así como el cierre del ciclo de materia mediante el aprovechamiento de los residuos.

A dynamic splash of white liquid, likely milk, is captured in mid-air against a light, neutral background. The splash originates from the bottom left and moves towards the center, with several droplets trailing behind it. The liquid has a soft, creamy texture and is outlined with a thin, dark, dashed border. The overall composition is clean and minimalist.

# *Capitulo I*

Capítulo I: Marco teórico referencial

En el presente capítulo se realiza una revisión de los principales teóricos de la ecología industrial, haciendo referencia a su conceptualización y evolución histórica, así como a sus diferentes enfoques. Además se aborda sobre la importancia, beneficios y limitaciones de la misma, de igual forma se exponen las diferentes herramientas que posee y se presentan algunos de los casos más difundidos para mostrar los resultados de su aplicación; permitiendo la incorporación de los elementos que darán sustento teórico a esta investigación. En la **Figura 1.1** se muestra el hilo conductor, fundamentado por el soporte conceptual de la investigación.



**Figura 1.1:** Hilo conductor del marco teórico referencial de la presente investigación.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 1.1 Ecología Industrial, evolución histórica y conceptualización

El deterioro ambiental actual, resultado de la actividad industrial y de la explosión demográfica en los dos últimos siglos, pone a la sociedad actual en una situación en la que se deben replantear los procesos de producción bajo una óptica del máximo aprovechamiento de energía y recursos naturales para lograr la sostenibilidad.

En los años 50's los ecologistas defendían las medidas a "final de tubo" (filtros, plantas de tratamiento de aguas residuales, etc.) como una manera de reducir el impacto ambiental de la industria. Esto reflejaba la concepción de que era necesario separar a la industria del entorno. Estas medidas tienen muchos inconvenientes ya que el contaminante se transfiere de un medio a otro, no se elimina; no originan cambio que produzcan mejoras ambientales; tienen coste, no promueven el ahorro de recursos (Cervantes Torre Marín, 2010).

Luego, durante las décadas de los 60's y 70's, surgen las buenas prácticas ambientales como resultado de la aparición de diversos movimientos sociales para crear conciencia sobre el cuidado ambiental, las cuales tenían el objetivo de reducir los impactos causados por las actividades humanas al medio ambiente.

Como resultado de la aparición y evolución de diversos conceptos creados desde los años 70's a la fecha, surge el perspectiva de la Ecología Industrial como una alternativa bajo la cual, los sistemas de producción lineal se convierten en cíclicos imitando el comportamiento de los ecosistemas naturales y promoviendo el cierre de ciclo de materia, todo esto con el objetivo de garantizar el desarrollo sostenible a cualquier nivel, relacionando e impulsando las interacciones entre los sectores económico, ambiental y social.

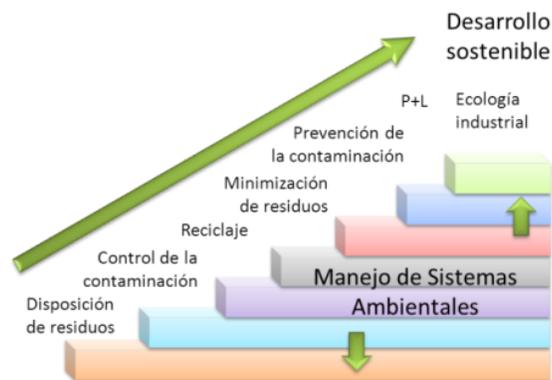
Con el tiempo se introdujeron conceptos como: Prevención de la Contaminación, Reciclaje, Minimización de Residuos, Producción más Limpia y Ecoeficiencia. Sin embargo, los precedentes más importantes de la Ecología Industrial se encuentran fundamentados bajo los conceptos de Simbiosis Industrial, nacidos en los años 70's. El concepto de metabolismo industrial (que surge a finales de los 80's y principios de los 90's) también contribuyó al enriquecimiento del concepto de Ecología Industrial.

La ecología industrial, como realidad práctica, es relativamente nueva (Erkman, 1997a). Aun cuando en algunos países de Europa surgieron las primeras experiencias en los años 70's y algunas voces en Europa y América hablaban de esta temática, no se empieza a desarrollar ampliamente hasta los años 90's.

Los conceptos de Simbiosis Industrial, Metabolismo Industrial y el inicio del concepto del Desarrollo Sostenible fueron determinantes para que en 1989, Frosch y Gallopoulos introdujeran por primera vez el término Ecosistema Industrial, que a la postre sentaría las bases para la definición del concepto de Ecología Industrial.

Posteriormente, en 1997, se creó la primera revista de ecología industrial, *Journal of Industrial Ecology*. También en ese año se celebró en Barcelona (España) el primer Congreso Europeo de Ecología Industrial, organizado por el Instituto Químico de Sarriá. En 2001 se constituyó la Sociedad Internacional de Ecología Industrial (*International Society for Industrial Ecology* - ISIE) y se celebró el primer Congreso Internacional organizado por esta entidad; dándole una posición fuerte y dinámica, tanto en la comunidad científica como en el ámbito de la producción.

Hasta nuestros días el concepto de Ecología Industrial se ha consolidado incluyendo los tres sectores del desarrollo sostenible. En la **Figura 1.2**, se muestra la evolución de los conceptos surgidos hasta la concepción de la Ecología Industrial como el enfoque que hoy en día se aproxima y resalta la importancia de la sostenibilidad. Es por ello, que la Ecología Industrial es la puerta hacia una nueva forma de pensar y actuar que conduce hasta la meta del desarrollo sostenible (Ehrenfeld, 2004).



**Figura 1.2:** Pirámide hacia la sostenibilidad. **Fuente:** Cervantes Torre-Marín, Sosa Granados, Rodríguez Herrera, & Robles Martínez (2009).

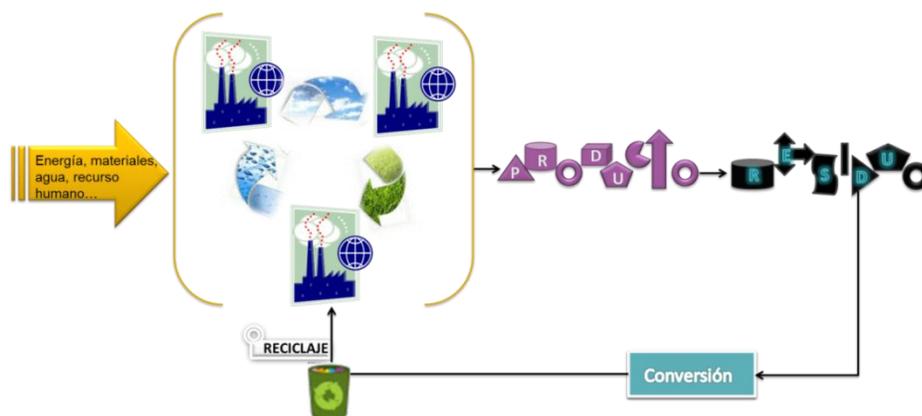
La Ecología Industrial responde a un concepto dinámico, por lo que es difícil encontrar una definición que lo abarque por completo, ya que cada autor lo conceptualiza según su punto de vista y lo analiza en correspondencia del estudio que esté realizando.

La ecología industrial es un área interdisciplinaria que intenta asimilar el funcionamiento de los ecosistemas industriales al de los naturales, con una interrelación entre industrias, el

medio social y natural que tiende a cerrar el ciclo de materia y quiere llevar los sistemas industriales hacia el desarrollo sostenible (Cervantes Torre-Marín, 2011). Esta relación entre industrias tiene, como uno de sus principales objetivos, tender a cerrar el ciclo de materia y, por lo tanto, a obtener un nivel cero de residuos y esto lo consigue usando los residuos de una industria como materia prima de otras, como pasa en los ecosistemas naturales.

También se puede destacar que otro de los objetivos de la relación entre industrias es la creación de sistemas de industrias interrelacionados, formando redes donde el intercambio no es solo material. Estas redes socioeconómicas que crea la ecología industrial se vinculan en relaciones de cooperación, investigación, colaboración en proyectos comunes, cliente-proveedor, pertenencia a asociaciones, etc.

Otras han sido las definiciones según diferentes autores (ver **Anexo 1**) y basado en el estudio realizado y a los efectos de esta investigación se considera que la ecología industrial es la ciencia que implica diseñar y operar sistemas industriales como ecosistemas naturales, transformando el modelo lineal de los sistemas productivos en uno cíclico. Permite a su vez la creación de redes industriales relacionadas con su entorno, desarrollando así nuevas estrategias económicas, sociales, ambientales y establecer un modo de fabricación sostenible para alcanzar una mayor competitividad empresarial, (ver **Figura 1.3**).



**Figura 1.3:** Ecología Industrial. **Fuente:** Elaboración propia.

Para la mejor comprensión de este concepto proporcionado por la autora de la presente investigación se realiza la aclaración de los siguientes términos (ver figuras en **Anexo 2**):

Ecosistemas naturales: se refiere a existen los diferentes eslabones en la cadena trófica donde nutrientes esenciales contenidos en las plantas alimentan a herbívoros, los cuales a su vez alimentan a carnívoros, los que producen desechos orgánicos como derivados de la

digestión de los alimentos, que a su vez, van a servir de alimentos a otras generaciones de plantas y microorganismos.

Modelo de un Sistema de Ecología Industrial: los sistemas industriales de desarrollo sigue una evolución de Tipo I, para Tipo II, y finalmente a los sistemas industriales de Tipo III.

Sistema Lineal (Tipo I): representan una etapa inicial que requiere un alto rendimiento de energía y materiales para funcionar, y muestran la poca reutilización de recursos o ninguna. Es un sistema de flujo continuo (materia prima - proceso - consumidor - deshechos) con primitivos controles de contaminación al final de la tubería.

Retroalimentación y ciclos internos en el sistema (Tipo II): representan una etapa de cambio en la recuperación de recursos, vuelve más integral el funcionamiento de los sistemas industriales, pero no satisface sus necesidades de recursos. Los procesos de fabricación y procesos ambientales están integrados al menos parcialmente. Planificación de toda la planta es al menos parcialmente implementado.

Sistema totalmente cíclico (Tipo III): representan la etapa final ideal en la que el sistema industrial recicla todas las salidas de materiales de la producción, aunque siguen dependiendo de aportaciones externas de energía. Este sistema puede llegar a ser casi autosuficiente, que requiere pocos insumos para mantener las funciones básicas y proporcionar un hábitat para miles de especies diferentes. Por lo tanto, alcanzar Tipo III como una etapa final es el objetivo de la ecología industrial.

De acuerdo a lo tratado durante este epígrafe la ecología industrial es una propuesta relativamente joven, la cual durante su desarrollo no ha seguido una sola línea de investigación, más bien se ha enriquecido por los diferentes enfoques que han desarrollado algunos autores.

### **1.2 Principales enfoques teóricos de la Ecología Industrial**

De acuerdo con Carrillo González (2009), el reto para el enfoque de la ecología industrial es precisamente llevar la dinámica de operación del sector industrial al principio de uso racional de los recursos naturales y respeto a la naturaleza. En esta dirección existe el criterio de varios autores para definir los enfoques teóricos de la ecología industrial.

Uno de estos criterios es el de Alvarado (2009), apoyándose en Carrillo González (2005), la cual en su tesis doctoral identifica tres enfoques sobre los que se orienta la construcción teórica de los pioneros de la ecología industrial. Dichos enfoques y los principales autores se

presentan en la **Tabla 1.1**, los que más allá de presentar diferencias cuentan con elementos complementarios o que pueden ser derivados uno de otro (Alvarado, 2009).

**Tabla 1.1:** Enfoques teóricos de la ecología industrial. **Fuente:** Carrillo González(2005).

Enfoque	Autores
Analogía con los Sistemas Naturales	Robert Ayres Frosch, Nicholas Gallopoulos, TE Graedel, Braden Allenby y Jesse Ausbel
Proceso de Desmaterialización	Stephen Bunker Hardin Tibbs, Lowey Schmidt-Bleek
Metabolismo Industrial	Robert Ayres Frosch y Leslie Ayres

Además en su tesis doctoral Carrillo González (2005), plantea que existen otras dos formas para llevar a cabo los objetivos de la ecología industrial, la Gestión Ambiental Corporativa y los Eco-Parques; basado en este planteamiento Morales (2011) define estas dos perspectivas de análisis como enfoques teóricos de la ecología industrial, teniendo en cuenta además los planteados por Carrillo González (2005).

Morales (2011) es del juicio de que estos enfoques cuentan con elementos comunes que se integran y de gran importancia, tienen como objetivo alcanzar las metas de la ecología industrial a través de la cooperación entre empresas, compartir infraestructuras, el reciclaje de los materiales, etc. Teniendo en cuenta el criterio de este, dichos enfoques y sus principales autores se presentan en la **Tabla 1.2**. Seguidamente se abordan cada uno de estos enfoques teóricos.

**Tabla 1.2:** Enfoques teóricos en torno a la ecología industrial según Morales (2011). **Fuente:** Elaboración propia a partir de lo expuesto por Morales (2011).

Enfoque	Autores
Analogía a los Sistemas Naturales	Robert Ayres Frosch, Nicholas Gallopoulos, TE Graedel, Braden Allenby y Jesse Ausbel
Proceso de Desmaterialización	Stephen Bunker Hardin Tibbs, Lowe y Schmidt-Bleek
Metabolismo Industrial	Robert Ayres Frosch y Leslie Ayres
Eco-parques	Jorge Morales Tellez, Stephen Bunker
Gestión Ambiental Corporativa	Jorge Morales Tellez, Robert Ayres Frosch y Leslie Ayres

### **Analogía con los Sistemas Naturales**

Tratar de reproducir la dinámica de los ciclos naturales dentro del sistema industrial ha concentrado el interés de varios teóricos; Jesse Ausubel, otro de los pioneros de la ecología industrial, la definió como “una red donde interactúan entre sí los procesos industriales viviendo uno a expensas de otro, no sólo en el sentido económico, sino también en el sentido del uso directo de residuos materiales y de energía” (Ausubel, 1992). Una red que debiera

ser, menos despilfarradora de procesos industriales, y más consecuente con la lógica del sistema natural.

El artículo de “*Strategies for manufacturing*” de Frosch y Gallopoulos de 1989, sentó las bases para asemejar el funcionamiento de la industria con un ecosistema natural: “En un ecosistema biológico, algunos de los organismos utilizan luz solar, agua y minerales para crecer, mientras otros consumen a los primeros, vivos o muertos, con minerales, gases y residuos que se producen de ellos mismos. Estos residuos son el alimento para otros organismos, algunos de los cuales pueden convertirse en residuos dentro de los minerales utilizados por los productores primarios, consumiéndose unos a otros en una compleja red de procesos donde todo lo producido es utilizado por algún organismo para su propio metabolismo”(Ayres Frosch & E. Gallopoulos, 1989).

Esta idea es retomada por otros autores como T. E Gradel y B. Allenby, para realizar un análisis e interpretación más detenida sobre dicha analogía con los ecosistemas biológicos, y que representa el referente más sólido para el estudio de las interacciones entre las empresas dentro del entorno de un parque o de una región industrial, donde se reproducen ciertas relaciones de cooperación para el intercambio de los flujos de materiales y energía (Carrillo González, 2009; Morales, 2011).

Como expusiera Carrillo González (2009); la ecología industrial, desde esta perspectiva, hace la analogía al sistema biológico, plantea que en un sistema industrial puede darse un intercambio de recursos en forma cíclica y el modo en que se utiliza la materia y la energía en el sistema económico, se asemeja de gran manera a la utilización de la materia y de la energía por parte de los organismos biológicos y los ecosistemas.

### **Proceso de Desmaterialización**

Las interpretaciones de este enfoque giran en torno a la desmaterialización de la economía (utilización de menos *input* por unidad producida) en el sentido de que debido a incrementos en la eficiencia y cambios en la demanda, el proceso de producción tiende a desvincularse del uso de ciertos materiales. Martínez-Alier (2003) califica esta definición como la versión “débil” de la desmaterialización y alude a una versión “fuerte” que implicaría una disminución real del volumen de materiales utilizados en la actividad económica (Carrillo González, 2009).

Tibbs (1993) plantea, en su trabajo tuvo como base el análisis de diversas empresas e industrias que experimentaron una reducción general en el uso de materiales por unidad de

producto y por lo tanto, en los niveles de contaminación, tales experiencias las extrapoló a la economía mundial para mostrar una intensidad decreciente en el uso de algunos materiales en los países industrializados (Carrillo González, 2009). Para otros autores como Erkman y Carrillo la desmaterialización se analiza en dos niveles como se muestra en la **Figura 1.4**.



**Figura 1.4:** Niveles de análisis de la desmaterialización. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Erkman (1997).

Con una visión crítica a este enfoque, S. Bunker expresa que la desmaterialización no es una nueva respuesta a los problemas ambientales, sino un medio históricamente habitual de reducir los costos de producción, y que sus efectos son los contrarios a los que afirman los promotores de la ecología industrial. Señala, apeándose a la versión “fuerte”, que lo ecológicamente significativo sería una reducción en el volumen absoluto de materias primas, no por unidad de producto, es decir una desmaterialización absoluta y no relativa, y a lo largo de la historia ha quedado demostrado que a pesar de la mayor eficiencia, el desarrollo de la tecnología y la sustitución de materiales, el volumen absoluto en el uso de materias primas no ha disminuido sino por el contrario (Bunker, 1996).

La desmaterialización, al igual que en el enfoque de la analogía a los sistemas naturales, plantea la necesidad de reorganizar al sistema productivo con el fin de minimizar la cantidad total de recursos requeridos pero obteniendo resultados equivalentes (mayor productividad con menores recursos). Para este enfoque y a diferencia del enfoque de analogía con sistemas naturales, el papel de la cooperación inter-firma es quizás menos importante, considerando que la desmaterialización se puede dar al interior de la empresa quizás con un eficiente programa de gestión ambiental que impulse programas de I+D que estimule a la vez la eficiencia productiva y el cuidado al medio ambiente. Por lo tanto, el objetivo es la generación de ecoeficiencia (Alvarado, 2009).

### **Metabolismo Industrial**

La ecología industrial muestra la economía como un organismo vivo. Las economías industriales “ingieren” materias primas, que son “metabolizadas” para producir bienes y

servicios, y “excretan” residuos en forma de materiales desechados y contaminación (Arto Olaizola, 2008).

En general el metabolismo industrial se enfoca al flujo de materiales y energía en las sociedades modernas basadas en la industria, centrándose desde la extracción, producción, consumo y hasta su disipación (Fischer-Kowalsk, 1998). Mientras que para la autora de la presente investigación el metabolismo industrial contribuye al enriquecimiento del concepto de Ecología Industrial, ya que promueve el flujo e intercambio de materia, energía e información a través de los sistemas industriales para su transformación y posterior disposición como residuos. Otras definiciones se muestran en el **Anexo 3**.

El metabolismo industrial, analiza la eficiencia de los procesos metabólicos como ocurren dentro de las especies particulares en un ecosistema, que corresponden a una aproximación analógica a las empresas individuales o de los diferentes procesos industriales. Así como en la biología, donde el metabolismo se refiere a los procesos químicos y las rutas dentro del organismo vivo en virtud de la cual se asimilan alimentos, sustancias químicas y se sintetizan para el mantenimiento y/o el crecimiento y donde la energía se almacena o es puesta en libertad. De esta forma se intenta analizar a los procesos industriales en particular a la economía y a la sociedad en general (Ayres Frosch, 1992).

Por otro lado, casi todos los procesos industriales que existen en la actualidad se encuentran basados en combustibles fósiles y, a menudo, con participación de altas temperaturas y una alta utilización de energía. Además, tienden a la participación de múltiples pasos por separado para el proceso de producción, que implica mayores costos, lo que provoca que en el intermedio metabólico muchos materiales y energía sean puestos en libertad como desechos, en lugar de ser reutilizados. Por lo tanto, la reducción en el número de etapas dentro del proceso productivo puede ser un poderoso medio para aumentar la eficiencia energética y disminuir a la vez diferentes costos (Tibbs, 1993).

El objetivo consiste en que la industria genere su propio ciclo metabólico cerrado y que los residuos generados sólo tengan dos vías principales de reciclaje, ir a parar al ecosistema natural, como el resto de residuos de la naturaleza (residuos no peligrosos), o ir a parar al sistema metabólico industrial de nuevo, eliminando de esta manera los diferentes residuos que generan los sistemas productivos lineales al introducir éstos como nuevos insumos materiales o energéticos (Seoáñez, 1998).

El metabolismo industrial intenta establecer un flujo cíclico de energía y materiales para que estos se utilicen de un modo racional y eficiente, permitiendo así que el concepto de residuo

se elimine. Así se incentiva la prevención de la contaminación alentando la innovación tecnológica fundamentada a través del fortalecimiento en la reformulación de los productos y procesos; rediseño del equipo productivo y un mayor impulso a la recuperación de recursos.

### **Eco-parques**

Un elemento esencial para la implementación de objetivos de la ecología industrial es la cooperación entre empresas, la cual podría darse de una manera más eficiente (dada la cercanía geográfica y la mayor coincidencia en actividades y/o intereses) en los parques industriales o corporativos empresariales.

Según lo planteado por Morales (2011), los eco-parques a diferencia de los parques industriales comunes, están diseñados para permitir a las empresas compartir infraestructura para mejorar la producción y minimizar costos mediante la colaboración entre firmas para manejar los asuntos medioambientales, energéticos y eventualmente los económicos de una manera más eficientes, minimizando desechos y el desarrollo de innovaciones tecnológicas.

La construcción de parques industriales con iniciativas de tipo ambiental, también llamados eco-parques industriales (EPI), puede considerarse como el lugar que concentra características de espacio indispensables para llevar a cabo la idea de la ecología industrial, ya que la cercanía geográfica entre empresas y la diversidad de las mismas, permite el flujo de materiales, energía y subproductos que operan como un mercado final de residuos y como un ciclo cerrado de un ecosistema industrial; plantea Morales (2011) basado en el criterio de Carrillo González (2000).

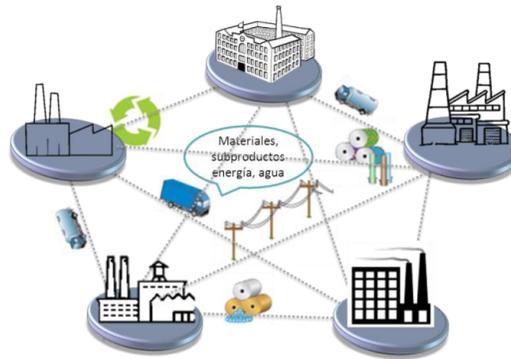
Stephen Bunker define los eco-parques industriales (a diferencia de la simbiosis industrial, en los eco-parques puede que no se creen redes e interrelaciones) como espacios donde la ecología industrial sintetiza, el dominio de los diseños de la ingeniería y la visión más humana de la ecología, en el concepto de valor y rentabilidad de la economía (Bunker, 1996).

### **Simbiosis Industrial**

Carrillo González (2012) plantea que un concepto importante dentro de la ecología industrial es la Simbiosis Industrial o sinergia de productos como también se le conoce, la cual se refiere a una estrategia que propone rediseñar los actuales sistemas industriales, para hacerlos compatibles con la estructura y funcionamiento de los sistemas naturales, además existe el criterio de diversos autores mostrados en el **Anexo 4**. Este enfoque tiene como objetivo el reciclaje de los subproductos generados en los procesos industriales para que se

aprovechen como materia prima en otros procesos propiciando beneficios ecológicos y económicos; tiene además un conjunto de principios, los cuales se muestran en el **Anexo 5**.

Para la autora la simbiosis industrial, es una estrategia que propone el rediseño de los actuales sistemas industriales, así como el reciclaje de los subproductos generados en sus procesos, para hacer dichos sistemas compatibles con la estructura y funcionamiento de los sistemas naturales. Se basa fundamentalmente en la implantación de una red o conexión de empresas vecinas o con cercanía geográfica, con el fin de llevar a cabo el intercambio de materiales (residuos, subproductos, entre otros) y energía para reducir costos de producción y tratamiento de residuos (ver **Figura 1.5**). Asimismo es criterio de la autora que los eco-parques son una forma de llevar a cabo la Simbiosis Industrial, por lo que plantea que esta sea tomada como un enfoque de Ecología Industrial, más amplio y general que los eco-parques.



**Figura 1.5:** Simbiosis Industrial. **Fuente:** Elaboración propia.

La Simbiosis Industrial nació con un objetivo puramente económico, aunque siempre se ha reconocido que conlleva buenas consecuencias ambientales y sociales positivas. Esta se centra en la conexión de los flujos a través de redes de empresas en las economías locales y regionales como un medio de aproximarse al desarrollo ecológicamente sostenible. Se concentra tradicionalmente en analizar las industrias con una orientación colectiva para las ventajas competitivas referidas con el intercambio físico de materiales, agua, energía, y productos derivados.

Las claves para la simbiosis industrial son la colaboración y la sinergia, posibilidades ofrecidas por la proximidad geográfica (Chertow, 2007). Sobre la base de la ecología industrial, simbiosis industrial incorpora muchos elementos que hacen hincapié en el ciclo y la reutilización de materiales en perspectiva de sistemas más amplios, herramientas analíticas para la simbiosis industrial. Estos elementos incluyen lo concerniente a energía y

materiales, perspectiva del ciclo de vida, en cascada, cierre de ciclo, y el seguimiento de los flujos de material.

Muchas de las experiencias mencionadas iniciaron como una simbiosis industrial pero con el tiempo fueron ampliando sus objetivos y logros hasta convertirse en auténticos sistemas de ecología industrial. La diferencia entre ecología industrial y Simbiosis Industrial, es que este primero tiene una visión más amplia y un triple objetivo: ambiental, social y económico (enfoques de Desarrollo Sostenible), por lo que la simbiosis industriales el método por excelencia usado por la ecología industrial y está incluido en ella.

De acuerdo a lo desarrollado anteriormente con lo referido a la ecología industrial se evidencia que esta tiene sus cimientos en la simbiosis industrial, pero asimismo la ecología industrial es un término que involucra el metabolismo industrial, o sea el sentido de la transformación, la producción, el consumo y la disposición de materiales residuales y la energía asociada, con el objetivo de ofrecer un apoyo para mejorar las decisiones sobre las sustancias que se usan, la reducción de los desechos y la prevención de la contaminación.

### **Gestión Ambiental Corporativa**

Duran Romero (2007) define la Gestión Ambiental como la *“relación que se produce entre gestión, medio ambiente y empresa, la cual conlleva a una modificación de los objetivos empresariales para el logro de los mismos, y hace necesario que las organizaciones asuman su propia responsabilidad social, que contemple no sólo una responsabilidad exclusiva hacia los trabajadores, sino también una responsabilidad ambiental hacia la sociedad”*.

Este enfoque se basa en la integración de modelos de gestión ambiental al interior de una empresa o un corporativa, las cuales principalmente van en búsqueda de ventajas competitivas a partir de la identificación de oportunidades de negocio como las que puede ofrecer la imagen de empresa limpia, lo cual las obliga a poner en marcha programas o políticas ambientales. Entre esos programas ambientales se pueden encontrar análisis o estudios de ciclo de vida de sus productos e incorporar acciones de reúso o reciclaje, además de la introducción de tecnologías limpias o la modificación de los sistemas productivos (Carrillo González, 2005). Muchos corporativos buscan la vinculación con otras empresas o centros de I+D para llevar a cabo dichos programas de gestión ambiental.

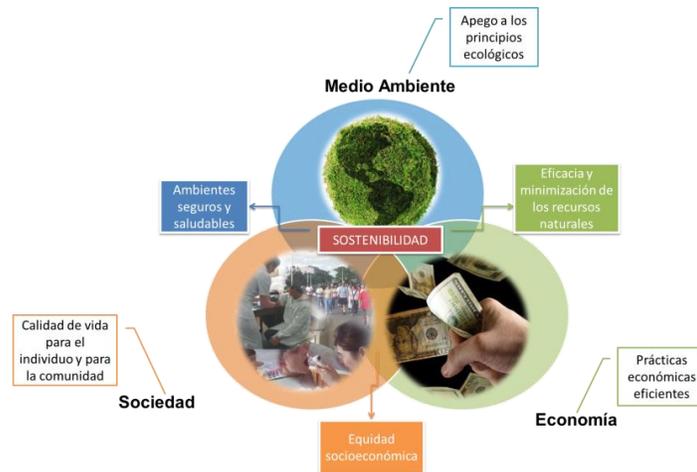
En el **Anexo 6**, se presentan de manera sintética las concepciones básicas de estos enfoques, sus principales objetivos, así como las estrategias propuestas. Estos persiguen llegar al equilibrio entre la producción y competitividad empresarial sin degradar el medio

ambiente. La propuesta no es la de eliminar el consumo de los bienes naturales sino generar nuevas formas de consumo basadas en la utilización consciente de éstos, donde dichas formas garanticen su existencia para generaciones futuras y sin comprometer la satisfacción de sus necesidades; jugando un papel muy importante para el logro de este objetivo el ecólogo industrial.

Un ecólogo industrial es un experto que tiene una visión de sistemas y trabaja para crear soluciones integrales, buscando oportunidades de mejora a partir de la integración y el equilibrio entre el medio ambiente y los intereses económicos de la industria, y que trata la "sostenibilidad" como un desafío complejo; de ahí la significancia que tiene este ya que contribuye a que cada día se le confiera más importancia al estudio de la ecología industrial.

### 1.3 Metas e importancia de la Ecología Industrial

El objetivo final al que tiende la Ecología Industrial, es garantizar el desarrollo sostenible a cualquier nivel: global, regional o local, relacionando a sus tres sectores, como se muestra en la **Figura 1.6**. Logrando esta interrelación, es como la Ecología Industrial pretende alcanzar un desarrollo que proporcione las condiciones ideales para el adecuado desarrollo de la humanidad y de las futuras generaciones.



**Figura 1.6:** Metas de la Ecología Industrial: los tres elementos de la sostenibilidad, y las interrelaciones entre sus componentes. **Fuente:** Modificado de Cervantes Torre-Marín, *et al.*, (2009).

Para poder llegar a la meta propuesta por la E.I, sería necesario (Chávez, n.d.):

- 🌍 Inducir a la utilización de materiales que puedan reutilizarse o reciclarse; mejorar las tecnologías de los procesos para disminuir el uso del recurso y la generación de residuos.

- Diseñar el producto para que luego de su vida útil se pueda rehusar y/o reciclar, recuperar materiales (separación de componentes basados en las propiedades físico - químicas, monitorear los desechos para extraer material reutilizable, desensamblar componentes para su venta por separado).
- Establecer modelos dinámicos de entrada y salida de materiales y energía para el análisis de ecosistemas industriales a varios niveles (empresa, sector, región, nación, el globo), estudios elementales, rendimientos.
- Establecer métodos alternativos para el Análisis de Ciclo de Vida de los productos, dificultades, necesidades.
- Establecer estrategias regionales para los factores geográficos, económicos, políticos y otros que puedan ser afectados por redes industriales regionales; simbiosis industriales (Eco - Parques).

Según el criterio de Cervantes Torre-Marín, et al. (2009), la ecología industrial es una importante herramienta de planificación de nuevos ecosistemas industriales y para la transformación de polígonos industriales en parques ecoindustriales. Además, busca incorporar el aprovechamiento de los desechos generados por la industria, debido a que el desecho de uno, puede ser insumo de otro proceso u otra industria (Graedel, Anrews, Berkhout, y Thomas, 1994). En la Figura 1.7 se muestran niveles para los cuales la ecología industrial es importante como el social, económico y ambiental.



**Figura 1.7:** Importancia de la ecología industrial a distintos niveles. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Cervantes Torre-Marín, et al. (2009).

Basado en el criterio de los autores antes citados, se puede afirmar que la ecología industrial promueve además la creación de redes que fomentan el desarrollo científico y técnico al vincular al sector académico con el sector industrial. Esta vinculación conduce a la búsqueda de nuevas tecnologías que solucionen las deficiencias en el manejo de recursos dentro de los sistemas de producción. La ecología industrial busca el balance de la actuación

ambiental y económica dentro de la comprensión emergente de las condiciones ecológicas locales y globales.

Otro elemento que aportan Cervantes Torre-Marín, et al. (2009) es que la importancia de los resultados que arroja la implementación de la ecología industrial, radica en que este enfoque ha logrado transformar los sistemas de producción lineales de diversas regiones en sistemas de ciclo cerrado donde todos los sectores que conforman a la región se ven favorecidos.

De esta manera, las ventajas que se obtienen actualmente por la implementación de proyectos de ecología industrial son numerosas haciendo posible que sea una realidad hoy en día, con miras hacia un futuro sostenible. En la aplicación de la ecología industrial están siempre presentes ciertos beneficios así como algunas limitaciones también, puesto que es necesario tenerlas presentes para alcanzar los mejores resultados posibles.

### **1.3.1 Beneficios y limitaciones de la Ecología Industrial**

La ecología industrial comparte beneficios económicos, medioambientales y sociales tales como el ahorro de recursos, la minimización de residuos, la disminución de emisiones y cargas contaminantes, la disminución de las cargas y costos ambientales. A esto se añade la mejora de la imagen ambiental de las empresas, entidades y municipios, la mayor relación y colaboración dentro del sector industrial y del sector industrial con el medio social y natural.

Según lo expuesto por Tyl (2011) la ecología industrial propone una gestión integrada de los parques de actividades, basada en la optimización de los flujos de materias y energía. Al asociar beneficio económico y reducción de los impactos medioambientales, estas zonas se convierten en los motores de un desarrollo del territorio y en una importante prioridad para las comunidades. De este modo, es posible hacer convergir, en lugar de oponerlos, los intereses medioambientales, económicos y sociales. Los aportes resultantes de la aplicación de la ecología industrial son importantes para las zonas de actividades, las propias empresas y para la comunidad en general, ver **Anexo 7**.

En contraposición a lo antes descrito, la concepción de la ecología industrial, que parte de la metáfora de los ecosistemas naturales, tiene sus limitaciones como ha sido señalado por diferentes autores Bey (2001), Spiegelman (2003), Ehrenfeld (2004), Jensen, Basson, y Leach (2011) y Cervantes Torre-Marín (2011). Se destaca como limitaciones la diferente naturaleza de los sistemas naturales y los económicos, el hecho de que los sistemas humanos funcionan lejos del equilibrio y que son sistemas abiertos. De acuerdo con

Cervantes Torre-Marín (2011) existen muchas limitaciones en la aplicación de la ecología industrial a sistemas industriales, las mismas se muestran en la **Figura 1.8**.



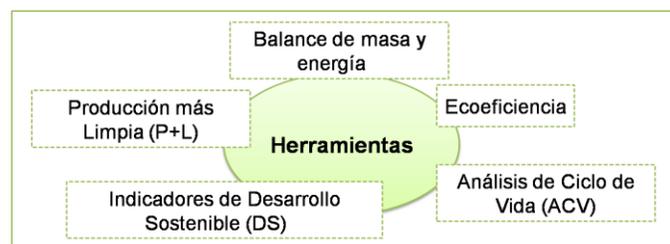
**Figura 1.8:** Limitaciones en la aplicación de la ecología industrial a sistemas industriales.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Cervantes Torre-Marín (2011).

El objetivo de la ecología industrial no se limita a reducir la contaminación y los residuos como, sino también reduce la producción de todo tipo de materiales y combustibles; por lo que su objetivo muestra un nuevo camino para las empresas, el camino hacia el desarrollo sostenible; por esta razón, la ecología industrial es considerado como el “caja de herramientas para el desarrollo sostenible” o “la ciencia de la sostenibilidad”.

### 1.4 Herramientas de Ecología Industrial

La ecología industrial no se limita sólo a los métodos de cierre de ciclo, también denominados simbiosis industrial y metabolismo industrial, sino que se sirve de otros muchos que contribuyan a disminuir el impacto ambiental, mejorar la ecoeficiencia y aumentar la rentabilidad, siempre tendiendo hacia un mayor desarrollo sostenible. Por tanto, en la implantación de un ecosistema industrial se pueden usar métodos y herramientas (ver **Figura 1.9**) como el análisis de ciclo de vida, la producción más limpia, el análisis de flujo de materia, el análisis económico-ambiental, la ecoeficiencia, los indicadores de desarrollo sostenible, pero teniendo en cuenta que aquello más específico de la ecología industrial que crear una red de industrias, vinculadas por sus residuos y a la vez relacionadas con el entorno social y natural (Cervantes Torre-Marín, 2011). La explicación detallada de estas herramientas se puede analizar en el **Anexo 8**.



**Figura 1.9:** Herramientas de la ecología industrial. **Fuente:** Elaboración propia.

### 1.5 Aplicaciones de la Ecología Industrial

La ecología industrial es una disciplina que se va ampliando y redefiniendo desde su creación e incluye aspectos como: la responsabilidad social corporativa, el consumo responsable, la producción, construcción y transporte sostenible, el metabolismo regional y urbano, la economía ambiental y ecológica, etc. La ecología industrial puede ser aplicada en la agricultura, en el turismo, en la gestión de la energía y en muchos otros campos (Rosenfeld, 2011).

Actualmente, existen diversos ejemplos de Ecología Industrial que han logrado implementarse exitosamente tras el desarrollo de estrategias que permitieron poner en marcha este enfoque (Cervantes Torre-Marín, *et al.* 2009). Algunos de los ejemplos que han dado lugar a la ecología industrial empezaron hace unos 35 años en Europa (Kalundborg, Styria), posteriormente, en los años 90 se desarrollaron en América (Brownsville y Midlohan en Tejas, Estados Unidos de América; Tampico en Tamaulipas, México; Montreal en Canadá etc. y en Asia y Australia surgieron más tarde, especialmente a final de la década de los 90 y a principios del 2000 (NEDA en China, Naroda en India, Ulsan en Korea, Bugangan Baru en Indonesia). En la **Tabla 1.5**, se enlistan los ejemplos más representativos de implementación de ecología industrial, alrededor del mundo.

**Tabla 1.5:** Ejemplos de implementación de ecología industrial en el mundo. **Fuente:** Modificado de Cervantes Torre-Marín, *et al.* (2009).

Europa	Asia	América
Kalundborg (Dinamarca)	Bungangan Baru (Indonesia)	By-Product Synergy, Tampico (México)
Herning-ikast (Dinamarca)	Naroda (India)	Burnside (Canada)
MESVAL (España, Italia y Grecia)	Nandeseri IE (India)	The Bruce Energy Center (Canada)
Styria (Austria)	Thane-Pelapur IE (India)	Calbary (Canada)
Ora Eco-Park (Noruega)	Calabarzon (Filipinas)	Québec (Canada)
Jyväskylä (Finlandia)		Fairfield (Maryland, EUA)
Turku (Finlandia)		Devens (EUA)
Progetto CLOSED (Italia)		Brownsville (Texas, EUA)
		Midiotion (Texas)

A continuación se presentan algunos de los casos de implementación de la ecología industrial, así como los resultados obtenidos en estos analizando el contexto internacional y nacional.

### 1.5.1 Caso de Kalundborg Dinamarca, primer parque eco-industrial del mundo

En Kalundborg, Dinamarca nace y se desarrolla un proyecto al que se le nombra Simbiosis Industrial que ha sido hasta la fecha, uno de los programas más completos en cuanto a intercambio de subproductos se refiere y siendo en la actualidad el punto de partida para ejemplificar los resultados del enfoque teórico de la Simbiosis Industrial.

Se trata de un modelo de gestión que inicia en 1972 con el fin de integrar el desarrollo industrial de la zona con el cuidado al medio ambiente, la coordinación de las actividades y fortalecer dicho proyecto, teniendo como principales actores a cuatro empresas y el propio municipio, en el **Anexo 9** se muestran algunos datos relevantes de estas.

Los participantes planteaban que era posible la obtención de beneficios económicos y ambientales mediante acuerdos cooperativos y comerciales, que les permitieran implementar sus propias políticas ambientales, reducción de los costos, en infraestructura y en el acceso a agua de mejor calidad Schlarb (2001). En el **Anexo 10** se presenta las principales interacciones surgidas en Kalundborg y que hacen posible la simbiosis industrial. Actualmente, el proyecto Simbiosis Industrial continúa creciendo y modificándose, estableciendo un modelo que ha sido imitado en numerosas partes del mundo (Rosemberg, 2006).

Estos y otros proyectos similares se han desarrollado alrededor del mundo, implementando políticas de gestión ambiental parecidas, dada la creciente preocupación por el problema de la contaminación, y las rígidas exigencias en las normativas ambientales por parte de los gobiernos, implementadas principalmente en Europa y América. Algunas de estas experiencias y sus principales características se presentan en el **Anexo 11** y **12** respectivamente.

### 1.5.2 Casos de Cuba

En Cuba hasta el momento no ha existido un proyecto considerado como Ecología Industrial, pero si existen trabajos orientados hacia la mejora ambiental a partir de la reducción, reutilización y rehúso de los residuos industriales. Dicho trabajo es dirigido por la Red Nacional de PML de Cuba formada por cinco puntos focales Instituto de Investigaciones de la Industria Alimenticia (IIIA), Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la

Caña de Azúcar (ICIDCA), Instituto de Investigaciones de Frutas Tropicales (IIFT), Agencia de Medio Ambiente (AMA) y Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB); se organizan, dirigen y ejecutan auditorías de PML en empresas de sectores específicos. Como resultado de la implementación de soluciones de PML se han obtenido beneficios ambientales y económicos importantes. Ejemplos de estos beneficios en algunas empresas, tomados de Serrano Méndez et al. (2006), se muestran a continuación:

La Empresa de Refinación de Aceite de Soya «H2» produce cerca de 16 000 toneladas de aceite de soya refino por año como resultado de la implementación de opciones de PML se obtuvieron los siguientes resultados:

Por el rehúso de las aguas residuales poco contaminadas del proceso productivo:

-  Ahorro de 10 000 m<sup>3</sup> de agua de proceso/año
-  Reducción de la carga contaminante en 2 000 kg DQO/ año

Por el uso de los residuos como biocombustible:

-  Ahorro de 95 MW/ año de energía
-  Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en 25 374 t.

La Destilería «Antonio Guiteras» de las Tunas produce 8 500 L de alcohol por día como resultado de la implementación de opciones de PML la empresa obtuvo los siguientes resultados:

-  Reducción del uso de materias primas en 0,017 t melaza/hL de alcohol producido con un ahorro de 127 500 USD/año.
-  Reducción del consumo de agua para la etapa de limpieza en 7,41 m<sup>3</sup>/hL de alcohol producido con un ahorro de 201 050 USD/año.
-  Reducción del volumen de aguas residuales vertidas en 4,8 m<sup>3</sup>/hL de alcohol producido.

La Planta de producción de «Interferonalpha 2brecombinante», de La Habana pertenece al Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) y produce Interferonalpha 2b recombinante para el tratamiento de la Hepatitis B y C y enfermedades cancerígenas. Como resultado de la implementación de opciones de PML la planta obtuvo los siguientes resultados:

-  Reducción del consumo de agua purificada en el proceso de producción en 2 780 m<sup>3</sup>/bb de 3 MUI (millones de unidades internacionales) con un ahorro de 83 315 USD/año.
-  Reducción del consumo de energía en 120 MW-h con un ahorro de 8 400 USD/año.

Un importante elemento impulsor de las mejoras orientadas hacia las producciones más limpias, el cierre de ciclo metabólico, desmaterialización y de ecología industrial se basa principalmente en la caracterización de los residuales y análisis de sus posibles usos; para sobre esa base tomar las acciones correspondientes.

### **1.5.2.1 Opciones de Producción más Limpia y prevención de la contaminación en la Industria Láctea**

En los últimos años, las políticas de control de la contaminación han ido evolucionando de los métodos conocidos como de “final de tubo”, hasta las recientes tendencias, basadas en el principio de prevención, que cambia el cuestionamiento “¿Qué hacemos con los residuos?” por, “¿Qué podemos hacer para no generar residuos?”. Sobre este principio se fundamenta “la Producción más Limpia” en la Industria Láctea (Equipo Técnico del Centro de Producción más limpia de Nicaragua, 2008).

En este sector empresarial los factores principales en el origen de los desperdicios y emisiones son: personal, manejo de materias primas, productos, tecnologías, proceso, abastecedores, entre otros. Sobre la base de estos factores, existen numerosas opciones que pueden ser agrupadas en distintos grupos y que apuntan hacia la producción más limpia y la reducción de desperdicios. Se pueden mencionar algunos ejemplos de la industria láctea como son:

#### Sustitución de Materiales

Los cambios en las entradas de los materiales favorecen la minimización de residuos, reduciendo o eliminando los materiales peligrosos que entran al proceso de producción de productos lácteos. Así mismo, los cambios en la entrada de materiales ayudan a evitar la generación de residuos peligrosos dentro de los procesos de producción. Estos cambios incluyen purificación de los materiales y sustitución de los mismos (Equipo Técnico del Centro de Producción más limpia de Nicaragua, 2008).

#### Cambios Tecnológicos

Modificaciones del proceso y del equipo para reducir los residuos, prioritariamente en el Ciclo de Producción. Estos cambios incluyen: Cambios en los Procesos de Producción, Cambios en los Equipos, Flujo de Materiales o Tuberías de Conducción, Uso de la Automatización y Cambios en las Condiciones de Operación de los Procesos. Se debe hacer un estudio de otras empresas lácteas que tengan éxito en el mercado e informarse de la tecnología que posee.

### Reciclaje Interno y Externo

En términos prácticos, la reutilización dentro de la actividad productiva láctea se puede realizar a partir de acciones fundamentales como, volver a introducir un material dentro de la línea de flujo a la que pertenece; volver a utilizar un material, dentro del mismo proceso productivo; utilizar el material no dentro de la misma actividad industrial, sino como insumo o materia prima para otra actividad industria (Equipo Técnico del Centro de Producción más limpia de Nicaragua, 2008).

En este tipo de industrias los principales productos a reciclar son sacos, papel, cartón y plásticos que se deben recuperar ya que son material valioso y se debe hacer además su reintegración dentro del ciclo económico que puede servir de materia prima.

### Rediseño del Producto

Los cambios de producto se realizan con la intención de reducir los residuos que resultan del uso de un producto. Puede incluir sustitución del producto, mejoramiento de la conservación del producto y cambios en la constitución del producto.

### **Buenas Prácticas Operativas derivadas de las producciones más limpias para la Industria Láctea.**

Algunas de las buenas prácticas en la Industria Láctea están relacionadas fundamentalmente con materia prima, conservación de agua, energía y capacitación. Se describen estas a continuación, se recomienda el modo de llevarlas a cabo y se plantean los beneficios que trae consigo su aplicación.

#### **Materia prima**

- 🌍 Evitar pérdidas en materia prima, principalmente por derrame, mediante el buen manejo de recipientes y transporte de la leche.

La leche constituye la materia prima principal en la Industria Láctea; esta después de haber sido ordeñada debe ser transportada lo más rápidamente al centro de acopio para ser refrigerada, esta operación debe realizarse en condiciones adecuadas con el fin de evitar su pérdida. Se puede lograr esto evitando transportar la leche en envases de hierro o cobre, la leche podría presentar sabor metálico, lo que generará pérdidas por devoluciones del producto; al vaciar los envases asegurar el vaciado completo; minimizar los traslados y distancias que es transportada y hacerlo con el cuidado pertinente para evitar las pérdidas innecesarias; reparando las tuberías con fugas.

- 🌍 Adecuado almacenamiento y manipulación de los materiales.

El almacenamiento y manipulación adecuada de los diferentes insumos en la Industria Láctea requieren cuidados especiales para evitar pérdidas, así como cumplir con los estándares de calidad. Estas medidas no requieren costos adicionales ya que basta con una buena organización y control en bodega. Esta opción se puede lograr revisando la calidad y cantidad recibida; haciendo un control y registros en los formatos adecuados; manteniéndolos alejados de insecticidas, pesticidas y otros químicos; la sal esta debe guardarse en un lugar seco por su alta capacidad de absorción de humedad; asegurar la gestión del inventario de materias primas y productos para evitar su deterioro o que expire la fecha de caducidad (Restrepo Gallego, 2006).

- 🌍 Correcta dosificación de los insumos y aditivos.

En las diferentes etapas del procesamiento de lácteos se agregan insumos, su buena dosificación permite aumentar la eficiencia en el uso y el cumplimiento de los estándares de calidad de los productos. Se puede alcanzar asegurándose que los operarios a cargo de la dosificación de los insumos los agreguen en el orden y cantidades correctas; contar con los recipientes adecuados para la dosificación de los mismos; estableciendo indicadores de consumo y comparando consumos mensuales.

Algunos de los beneficios que traen consigo todas estas buenas prácticas son un mayor aprovechamiento de la materia prima, incremento de la productividad de la empresa Láctea, reducción de la carga contaminante en el efluente, reducción de los costos por tratamiento de aguas residuales.

### **Conservación de Agua**

- 🌍 Instalar medidores de agua.

En la Industria Láctea el agua es ampliamente utilizada para las operaciones de limpieza de áreas de trabajo, equipos, instrumentos. Las fuentes de agua se agotan y contaminan, esa es la razón por la cual es necesario prestar atención a su consumo (Restrepo Gallego, 2006).

- 🌍 Revisión del estado de tuberías, válvulas y grifos.

El mal estado de las tuberías, grifos y válvulas generan incremento en el consumo de agua, por lo tanto se incrementan los costos. Se puede lograr revisando regularmente las tuberías, válvulas y grifos.

- Colocar pistolas de bajo volumen y alta presión en las mangueras para limpiar los equipos y pisos.

A menudo los procedimientos de lavado que normalmente se siguen en una industria láctea contribuyen con un alto porcentaje del consumo total de agua. Se puede lograr colocando pistolas de alta presión en las mangueras, con lo cual se obtienen grandes ahorros en el consumo de agua en las diferentes operaciones de la planta de lácteos.

- Limpeza en seco del equipo y de las zonas de producción, antes del lavado.

Durante el proceso de limpieza de la planta es común observar que los operarios consumen mucha agua y utilizan el agua para empujar los residuos sólidos. Se puede lograr realizando una previa limpieza en seco (utilizar cepillos raspadores de goma u escobas) con lo cual se estará reduciendo los consumos de agua.

Algunos de los beneficios que tiene la aplicación de estas buenas prácticas en la Industria Láctea es un aumento significativo en la eficiencia del uso del agua, reduce el volumen de efluentes Reducción del tiempo de limpieza, evita que por olvidos del operario las llaves permanezcan abiertas, permiten que el agua no fluya cuando no se está usando.

### **Energía**

- Eficiencia energética en oficinas administrativas

La energía supone uno de los gastos para la mayoría de las empresas lácteas. Se puede reducir aprovechando la luz natural colocando láminas traslúcidas en la planta para aprovechar iluminación natural, pintando de colores claros las paredes internas y techos.

- Manejo adecuado del sistema de vapor.

Las fugas de vapor, el mal aislamiento de las tuberías, el mal estado de las válvulas, mal estado de las trampas de vapor, aumentan el consumo de combustible de la caldera, y por lo tanto generan mayor costo. Realizar el mantenimiento en cuanto se detecta el desperfecto es la forma más rentable de enfrentar el problema.

- Aprovechamiento del condensado de vapor.

El vapor que se condensa en el proceso debe ser recuperado ya que conserva parcialmente dos características importantes: Energía calorífica producto de la temperatura y Agua limpia y tratada las cuales tuvieron un costo para la empresa. Se puede lograr instalando tuberías que retornen el agua condensada al tanque de alimentación de la caldera (Equipo Técnico del Centro de Producción más limpia de Nicaragua, 2008).

### Mantenimiento preventivo de las calderas.

Se puede ahorrar mucha energía y dinero, con un mantenimiento preventivo a las calderas, esto es muy simple y muchas veces el costo es muy bajo. Se puede lograr llevando registro del consumo diario de combustible de la caldera, tratar adecuadamente las aguas de alimentación a la caldera.

### Reducción de los consumos de energía en los cuartos fríos.

Los cuartos fríos son grandes consumidores de energía eléctrica por lo que es recomendable aplicar buenas prácticas operativas. Se puede lograr colocando termostatos para los cuartos fríos, analizando la posibilidad de usar ventanas de llenado de cuartos fríos en vez de usar las puertas, abrir puertas de cuartos fríos solo cuando sea necesario, colocar cortinas plásticas en las puertas de acceso a cuartos fríos con lo que se logra reducir entre el 50% del calor del exterior hacia el cuarto frío, no colocar equipos que generen calor como compresores cerca de los cuartos fríos.

Los beneficios que aportan estas buenas prácticas son por ejemplo el ahorro de energía, reducción del consumo de energía eléctrica, ahorro de dinero, generación de ahorro entre un 5 y 13% del combustible de la planta, evitar accidentes laborales por quemaduras de vapor.

## **Capacitación**

La Capacitación de los trabajadores es un factor estratégico para que las empresas puedan ser competitivas, por lo que es necesario capacitar permanentemente. Se puede lograr asegurándose que cada persona entienda todo el proceso sabe hacer sus funciones y conoce las complicaciones de no hacer bien sus trabajo; establecer un plan de capacitación, basado en un análisis de las necesidades de cada individuo, de la empresa y del mercado; debe ser considerada una inversión y no un gasto, ya que su costo es muy inferior a los beneficios que produce.

Aporta beneficios como el cambio de hábitos de los empleados, reducción de las barreras para el llenado de los formatos de control, incrementa conocimientos, desarrolla habilidades, actualiza al personal en aplicación de nuevas tecnologías (Equipo Técnico del Centro de Producción más limpia de Nicaragua, 2008).

### **1.6 Residuos en la Industria Alimenticia**

La industria alimenticia, con su diversidad de segmentos, genera una gran cantidad de residuos y consume una gran cantidad de agua. Los principios de la producción más limpia

tienen muchas aplicaciones en las industrias de alimentos, de hecho estos principios son necesarios para asegurar la calidad y la productividad sin deteriorar el medio ambiente (Restrepo Gallego, 2006).

La industria alimenticia es uno de los sectores industriales de la producción que mayor impacto provoca sobre el entorno natural, bien sea por sus procesos de producción o por los diferentes productos que fabrican. Cada sector en particular genera residuos en diferentes porcentajes de acuerdo con los tipos de productos que producen.

En la publicación realizada por Restrepo Gallego (2006), identifica efectos ambientales provocados por la actividad de la industria alimenticia (ver **Tabla 3.1**), de la cual puede observarse que la producción de alimentos provoca afectaciones en varios entornos. Según el criterio de la autora, las mayores afectaciones se ven reflejadas en el agua ya que estos efectos sobre el entorno a su vez generan impactos ambientales como:

- 🌍 El vertimiento con materia orgánica elevada produce agotamiento del oxígeno disuelto, lo cual ocasiona un predominio de especies anaeróbicas, afectando por tanto la biodiversidad.
- 🌍 Cuando se termina el oxígeno disuelto en el agua, comienza la reducción de los sulfatos y se producen sulfuros que provocan un olor desagradable.
- 🌍 Cuando el residual presenta elevados valores de nitrógeno y fósforo puede provocar eutrofización en los cuerpos de agua donde es vertido; lo que se caracteriza por una abundancia anormalmente alta de nutrientes.

También se considera una importante afectación hacia la atmósfera las emisiones de gases contaminantes, como el dióxido de azufre principal causante de las lluvias ácidas y causante de graves problemas a la salud humana como la tos, asfixia, y congestión bronquial; otra de las emisiones atmosféricas son el polvo, hollín y malos olores.

**Tabla 1.1:** Efectos ambientales de la actividad de la industria alimenticia. **Fuente:** Restrepo Gallego (2006).

	Entorno				
	Atmósfera	Agua	Suelo	Molestias	Recursos naturales
Efecto	Emisiones ácidas, gases peligrosos y humo fino	DBO <sub>5</sub> , DQO, eutrofización, sustancias peligrosas, espumas, turbidez, color	Residuos peligrosos y no peligrosos	Visual, polvo, olor y vibraciones acústicas	Energía, agua y combustibles

Es claro que la industria alimenticia genera una gran cantidad de residuos que van a parar a la atmósfera, a las fuentes de agua o a los sitios para disposición final de residuos sólidos. También lo es el que, tales residuos comprometen gravemente los ecosistemas por su alta concentración de materia orgánica. Entonces es imperativo que quienes se encargan de los procesos también tengan clara su responsabilidad y la necesidad de implementar planes adecuados de mejora, antes que costosas inversiones en tratamiento de residuos (Restrepo Gallego, 2006).

### 1.6.1 Residuos en la Industria Láctea

Al buscar una oportunidad de aprovechamiento de los residuos, se debe considerar un enfoque de responsabilidad ambiental, así como se hace necesaria su caracterización para conocer su composición, la calidad de sus componentes y la cantidad que se genera, con esto se pueden definir las tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento y posterior tratamiento.

Los residuos no forman parte del producto final de la empresa de productos lácteos, sin embargo para producirlos fue necesario comprar las materias primas que lo generaron, después pagar por el proceso que da lugar tanto al producto final como a los residuos y finalmente se debe pagar por tratamiento o disposición. Lo mejor es evitar la producción de estos residuos (Equipo Técnico del Centro de Producción más limpia de Nicaragua, 2008).

En la industria láctea los principales residuos están dados por la generación de emisiones a la atmósfera, residuales líquidos y residuales sólidos. Como en toda industria alimenticia el agua es uno de los recursos utilizados intensivamente para la limpieza de la planta y para garantizar los estándares higiénicos del producto. El agua consumida depende del tamaño de la empresa, los procesos de producción existentes, el tipo de equipos, la facilidad para limpiarlos, el tipo de producción y las prácticas de manufactura del personal.

Las aguas residuales son generadas principalmente por las pérdidas de producto, materias primas y por las aguas de lavado, que son utilizadas con el fin de desinfectar los equipos en cada etapa del proceso y la planta. Como consecuencia del uso intenso del agua se vierten residuos líquidos caracterizados por una alta carga orgánica, de tipo industrial y albañales, siendo las principales fuentes de contaminación a los efluentes (Programa Ambiental Nicaragua – Finlandia (PLANIF), 2009).

Debido a los altos costos del agua y disposición de efluentes se ha impuesto en muchos países, la reducción del consumo del recurso ya que esta medida en la actualidad se considera fundamental para la sostenibilidad de las industrias en general.

Los efluentes de empresas lácteas generalmente contienen leche que ha sido perdida durante el proceso, así como detergentes, ácidos, agentes limpiadores como la soda cáustica. La mayoría de los componentes de los efluentes de esta industria los constituyen: grasa de la leche, proteínas, lactosa y ácido lácteo, así como también sodio, potasio y calcio. La pérdida de leche por efluentes puede ascender a 0.5-2.5% de la leche que entra al proceso, pero en algunas ocasiones alcanza valores de 3 a 4% (Equipo Técnico del Centro de Producción más limpia de Nicaragua, 2008).

Las emisiones atmosféricas en la industria láctea son producidas básicamente por las calderas, y por el polvo generado en los procesos de formulación y secado de leche y suero. El gas refrigerante amoniaco es utilizado en la mayoría de las empresas de este tipo por las características, precios accesibles que posee, pero aunque es un gas noble es expulsado a la atmósfera producto a su utilización (Cámara Costarricense de la Industria Alimentaria, 2010).

Los residuos sólidos usualmente generados son: producto terminado perdido, productos vencidos, papeles, plásticos utilizados en envasado de materias primas, entre otros. Otro tipo de residuo sólido generado son los lodos producidos por la planta de tratamiento de residuos líquidos y las principales molestias ocasionadas son debido a olores, ruidos y a la presencia de moscas en las cercanías de los establecimientos.

### 1.7 Conclusiones parciales del capítulo I

1. Los principios básicos de un sistema de Ecología Industrial son: la visión de la industria desde una perspectiva global, sistémica e imitando el funcionamiento de los ecosistemas naturales; la creación de redes dinámicas de entidades o empresas relacionadas con su entorno y el enfoque hacia el desarrollo sostenible.
2. La Ecología Industrial es una alternativa que permite al sector industrial el desarrollo de buenas prácticas en cuanto a su gestión ambiental y económica ya que optimiza el uso de los recursos, valorizando los residuos; cierra los ciclos de la materia; minimiza las emisiones hacia el exterior y desmaterializa los productos.
3. Como factores que favorecen el éxito en la implementación de la Ecología Industrial se encuentra el factor humano, ya que es clave para que pueda producirse el intercambio entre participantes, siendo otro muy importante la cercanía física entre las entidades

involucradas al disminuir los costes asociados al transporte, a la creación o uso de infraestructuras y al uso de servicios.

4. La consulta bibliográfica de los temas abordados en la presente investigación constituye la base para la aplicación de los conocimientos adquiridos en la propuesta de un proyecto de Ecología Industrial teniendo en cuenta los enfoques teóricos: analogía con los sistemas naturales, proceso de desmaterialización, metabolismo industrial, simbiosis industrial y gestión ambiental corporativa.
5. La producción industrial de alimentos es uno de los sectores que mayores afectaciones provoca al medio ambiente, ya sea por sus procesos de producción o por los diferentes productos elaborados. Puede afectar tanto al ecosistema atmosférico, como a las aguas y suelos, así como la generación de residuos y al consumo de grandes cantidades de recursos.
6. En los últimos años las Industrias de Productos Lácteos con la idea de ser amigables con el medio ambiente, debido a la existencia de grandes cantidades de residuos, aúnan más esfuerzos por buscar la forma de disminuir la generación de los que son provenientes del proceso productivo, que darles tratamiento ya que si se genera menor cantidad, así será la que hay que tratar.

A dynamic splash of white liquid, likely milk, is captured in mid-air against a light, neutral background. The splash originates from the left side of the frame and moves towards the right, creating a series of peaks and valleys. The liquid's surface is highly reflective, showing bright highlights and soft shadows that emphasize its fluid, three-dimensional nature. The overall composition is clean and minimalist, focusing on the natural movement and texture of the liquid.

*Capítulo II*

### Capítulo II: Procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial

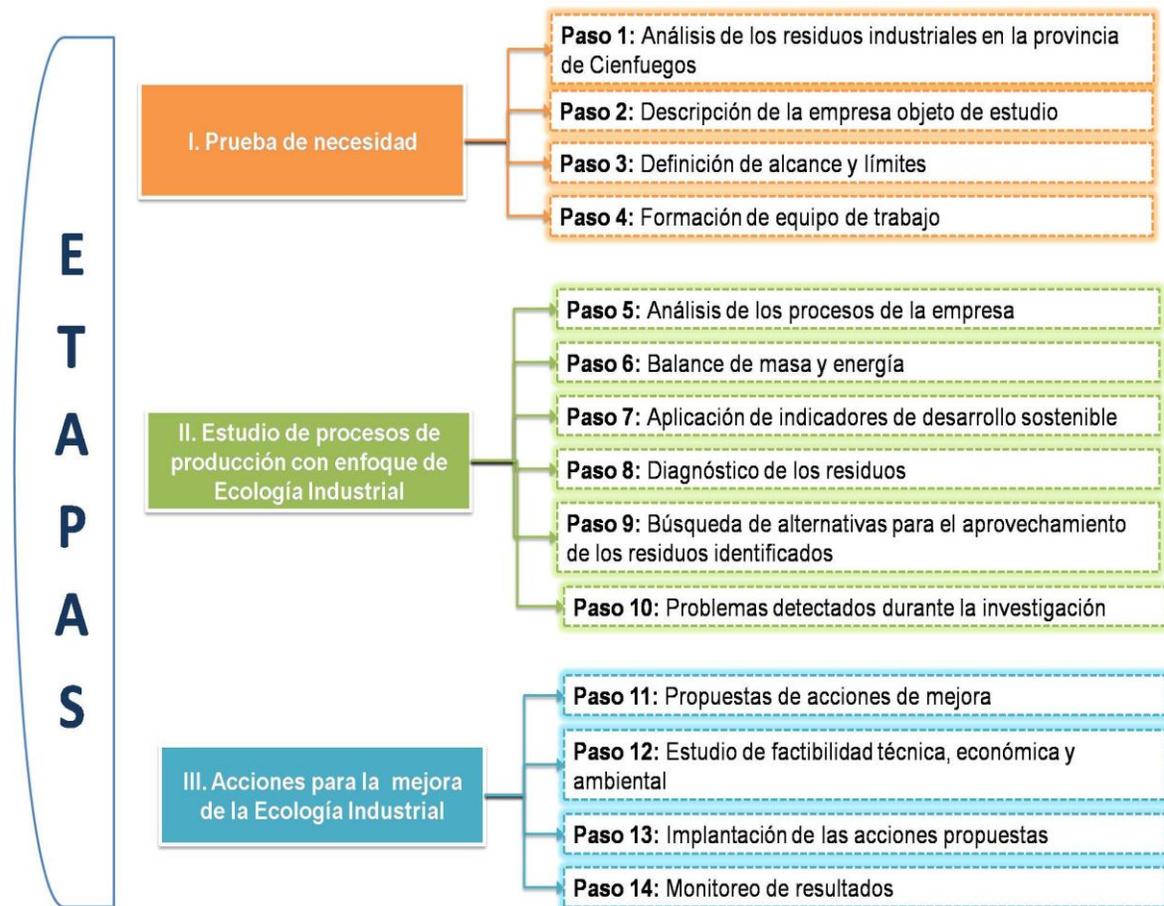
El capítulo se divide en dos apartados fundamentales, en un primer momento se propone un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial, teniendo en cuenta los enfoques teóricos tratados en el capítulo anterior. Tiene como objetivo disponer de una herramienta de gestión que contribuya a la mejora de las organizaciones en cuanto a la responsabilidad ambiental y contribuya a la sostenibilidad. Posteriormente se valora la pertinencia de la implementación del procedimiento diseñado, a través del criterio de los expertos.

#### 2.1 Descripción del procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial

La Gestión de la Ecología Industrial, permite la creación de sistemas de industrias interrelacionados, lo que puede tender a cerrar el ciclo de materia y, por lo tanto, obtener un nivel cero de residuos. Esto se logra en parte usando los residuos de una industria como materia prima en la misma empresa o en otras. Asimismo contribuir al uso de nuevas y mejores tecnologías de producción, nuevos productos o productos mejorados y acciones ambientales más eficientes; por ende propiciar una derrama de mejoras continuas e innovaciones en la empresa objeto de estudio.

El procedimiento diseñado en esta investigación se ilustra en la **Figura 2.1**, como se deduce a partir de la misma, el procedimiento se organiza metodológicamente en una secuencia de tres etapas básicas conformadas por quince pasos. El mismo se desarrolla a partir de las concepciones básicas de los enfoques teóricos de la Ecología Industrial como lo son: analogía con los sistemas naturales, proceso de desmaterialización, metabolismo industrial, simbiosis industrial y gestión ambiental corporativa. Tiene como propósito final identificar la utilidad que tienen los residuos de la empresa como materia prima de entrada a (la propia empresa, otra empresa), así como proponer en qué pueden ser usados los mismos para su aprovechamiento. Además de formular un conjunto de acciones de mejora que le permitan a la empresa optimizar recursos reutilizándolos o reciclándolos, encaminadas hacia las Producciones más Limpias, la ecoeficiencia, la disciplina tecnológica y la disminución o eliminación de las malas prácticas.

Se tuvo en cuenta para la elaboración del procedimiento el criterio de: Villa, & Pons (2006); PRYSMA Calidad y Medio Ambiente (2007); Centro Nacional de Producción Más Limpia (2000); la NC-ISO 14040: 1999; Centro de Producción más Limpia de la Corporación de Investigación Tecnológica de Chile, INTEC (2000), Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).



**Figura 2.1:** Secuencia de pasos del procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la primera etapa se realiza un análisis de los residuos industriales en la provincia de Cienfuegos, cuestiones escasamente tratadas en investigaciones anteriores y de gran interés en la actualidad, debido a que este puede ser un elemento propulsor de la situación ambiental actual, para luego mediante este análisis seleccionar una empresa que se encuentre afectada en cuanto a la generación dichos residuos. Además la etapa se dedica a la preparación, sentar las bases en los elementos que son de vital importancia para el éxito de la Gestión de la Ecología Industrial, como lo son: alcance y limitaciones, la formación un equipo de trabajo y a través de este paso se comunica a todos los niveles.

La segunda etapa lleva a cabo un estudio de procesos de producción con enfoque de Ecología Industrial, donde se recopila información acerca de los procesos de la empresa y se realiza la descripción detallada de los mismos, para el análisis de los materiales empleados en cuanto a su utilización eficiente. Además, se aplican listas de chequeo orientadas hacia el manejo de las materias primas, auxiliares y materiales, así como para el manejo de los

residuos. También se aplican indicadores de desarrollo sostenible como la Huella Ecológica Corporativa y la Huella Hídrica, así como el cálculo del parámetro para el vertimiento de residuales líquidos ( $DBO_5$ ). También se lleva a cabo un diagnóstico de los residuos de la producción y, se investiga el aprovechamiento de los mismos. Por último se detectan los problemas que se tienen en la empresa.

En la tercera etapa se elaboran un conjunto de acciones de mejora enfocadas hacia la obtención de producciones más limpias, el cierre de ciclo de materia a través de la reutilización, intercambio de residuos o subproductos; estas acciones dotan al procedimiento de un enfoque de mejora continua de la calidad. Se lleva a cabo un estudio de factibilidad a través de una evaluación técnica, ambiental y económica de las diferentes opciones propuestas. Además se plantea la implantación de las mejoras y monitoreo de los resultados, esta última acción se ejecuta mediante la aplicación y seguimiento de indicadores que permitan, entre otras cosas, verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos por los enfoques de la Ecología Industrial.

La correcta implementación del procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial, exige la observancia de las cinco condiciones básicas siguientes:

- 🌍 Utilización de herramientas: se requiere el empleo de recursos y técnicas que faciliten la recopilación y el análisis de los datos sobre toda actividad.
- 🌍 Registro documental: constituido por datos e informaciones sobre el trabajo, de forma descriptiva y gráfica con el fin de documentar las actividades, así como las conclusiones de la evaluación y las propuestas de recomendación.
- 🌍 Ejecución del trabajo en equipo: permite controlar los factores humanos, técnicos y administrativos que puedan afectar el desempeño de las actividades.
- 🌍 Constitución del equipo de trabajo en la empresa, el cual es el responsable de la coordinación, implantación y seguimiento de las medidas adoptadas. Designando un representante o coordinador del equipo, que tenga la jerarquía y la autoridad necesarias para garantizar la implantación de las mejoras e informará permanentemente a la gerencia sobre el avance de los resultados.
- 🌍 Capacitación de los directivos y trabajadores en las nuevas prácticas de utilización de residuos.

### Etapa I: Prueba de la necesidad

#### Paso 1: Análisis de los residuos industriales en la provincia de Cienfuegos

Este paso tiene como objetivo analizar la situación actual de los residuos industriales en la provincia. Para dar cumplimiento a lo planteado en este paso es necesario realizar un estudio exhaustivo condicionado por alguno de los siguientes aspectos:

- Tipos de residuos y cuerpo receptor que recibe directa o indirectamente la descarga o efectos contaminantes producto de verter aguas residuales, sólidos o gases.
- Los municipios, organismos o empresas contaminantes.

Mediante este análisis se prueba la necesidad que tiene una determinada empresa, afectada en cuanto a la generación residuos industriales, de ser seleccionada para mejorar su gestión ambiental.

#### Paso 2: Descripción de la empresa objeto de estudio

En este paso a partir del análisis realizado anteriormente se tiene como objetivo seleccionar la empresa objeto de estudio en la investigación y realizar una descripción general de la misma teniendo en cuenta su Misión y Visión, Objeto empresarial, estructura organizativa, plantilla de trabajadores, así como otros elementos de relevancia para la descripción.

Para llevar a cabo los pasos anteriormente descritos resulta necesario la aplicación de herramientas, tales como:

- Entrevista personal.

El especialista se reúne con los titulares del puesto o con la persona directamente vinculada con el mismo y recaba información acerca de este. Conviene que esta técnica esté estructurada acudiendo a las mismas con breve cuestionario.

<b>Desventaja</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Requiere emplear grandes dosis de tiempo y esfuerzo por lo que resulta costoso.</li></ul>
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Versatilidad en la obtención de datos (cara a cara).</li><li>• Se trata de un método más personalizado por lo que ofrece mayor riqueza informativa.</li><li>• Supone una interacción cara a cara con el titular del puesto, permite eliminar posibles reticencias y suspicacias.</li></ul>

Las formas empleadas para la recogida de los datos mediante el empleo de esta técnica son:

- La Hoja Guía para el Entrevistador: está diseñada con el objetivo de asegurar que el analista no pasa por alto ningún aspecto al llevar a cabo la entrevista.

- La Hoja de Datos de Análisis del Trabajo: está diseñada con el objetivo de proporcionar al analista la forma para el registro de los datos que obtiene durante el curso de la observación y la entrevista sobre el trabajo.
- Revisión de documentos.
- Análisis comparativo.

### **Paso 3:** Definición de alcance y limitaciones

Para el desarrollo de este paso se tiene como propósito definir el alcance y límites en la gestión de la Ecología Industrial. En la definición del alcance se debe considerar y describir claramente lo que se hapreciado como sistema (la empresa objeto de estudio).

Cuando se define el alcance de la Gestión de la Ecología Industrial, deben ser considerados y descritos claramente los límites del sistema, teniendo en cuenta que la presentación de los resultados sea lo más detallado y que tenga la compatibilidad y profundidad requerida para alcanzar los objetivos propuestos.

Los límites del sistema determinan qué actividades de la empresa se deben incluir dentro de la gestión. Existen varios factores que determinan los límites del sistema como son:

- La aplicación prevista del estudio que se va a realizar.
- Las hipótesis planteadas.
- Los criterios que se han tomado para la exclusión de determinados factores y condiciones fuera de los límites de análisis.
- Los datos que serán validados y procesados.
- Las limitaciones económicas para la ejecución de las mejoras.
- El destinatario final que ha sido previsto para recibir el resultado.

En este paso también se detallan las limitaciones que han deteriorado la calidad de los datos manejados en la investigación.

### **Paso 4:** Formación del equipo de trabajo

En este paso se tiene como objetivo formar un equipo de trabajo, para una mejor composición del mismo se lleva a cabo el método de expertos, el cual se explica a continuación.

#### Método de expertos

El método Delphi fue creado en la década de los 60 del pasado siglo por Helmer y Gordon, con el objetivo de elaborar pronósticos a largo plazo, sobre posibles acontecimientos en

varias ramas de la ciencia, la técnica y la política. Está considerado como uno de los métodos subjetivos de pronósticos más confiables, para establecer un cuadro de la evolución estadística de las opiniones de expertos en un tema, fundamentadas en su análisis lógico y experiencia intuitiva.

Este método utiliza como fuente de información un grupo de personas que deben tener un conocimiento elevado de la materia que se va a tratar y presenta entre sus características fundamentales el anonimato, pues ningún experto conoce la identidad de los otros que componen el grupo de debate.

La información que se presenta a los expertos no es sólo el punto de vista de la mayoría, sino que se presentan todas las opiniones indicando el grado de acuerdo que se ha obtenido, por lo que el procesamiento estadístico de la información es la característica más importante que lo diferencia de otros métodos de pronósticos de base subjetiva, pues la decisión final que toma el investigador es un criterio fuertemente avalado por la experiencia y conocimiento del colectivo consultado, y por indicadores objetivos.

En el **Anexo 13** se explican los pasos a realizar en el mismo; para la formación del equipo se aplican los pasos 1, 2 y 3. La selección del equipo de trabajo debe caracterizarse por la búsqueda de un número adecuado de participantes, de manera que pueda ser operativo y fácil de organizar. Se debe integrar un equipo responsable, integrado por los trabajadores del centro, que incluya a empleados claves de las distintas áreas de la empresa, con un alto nivel de compromiso, experiencia y competencia.

El equipo, dada su experiencia en el centro de trabajo, ayudará en la investigación a partir de tormentas de ideas y técnicas de trabajo en equipo, así como serán los encargados de darle seguimiento a las acciones propuestas, para una mejor gestión de la ecología industrial.

Se recomienda que en este equipo estén representados los siguientes departamentos: legal, financiero, ingeniería de proceso, producción, control de la calidad, mantenimiento, investigación y desarrollo, ventas, compras y almacenamiento. Se designa un representante o coordinador del equipo de trabajo, que tenga la jerarquía y la autoridad necesarias para garantizar la implantación del programa e informará permanentemente a la gerencia sobre el avance en los resultados.

El equipo de trabajo debe tener un sentido claro de las posibilidades y metodologías en algunas de las áreas profesionales siguientes:

-  Consumo de energía y balances de materia para la auditoría ambiental;

## Capítulo II: Procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial

---

- 🌍 La producción más limpia, la sustitución de materiales, y la desmaterialización;
- 🌍 Cero emisiones, descarbonización, la minimización de residuos y prevención de la contaminación;
- 🌍 Metabolismo industrial y análisis del ciclo de vida de los productos;
- 🌍 Análisis ambientales ecológicos y mundial;
- 🌍 Contabilidad y análisis económico;
- 🌍 Asuntos jurídicos y políticos.

En este paso, además, se pretende informar a todos los niveles de la organización sobre los siguientes aspectos: papel de la alta dirección en materia de Ecología Industrial, aportes de la temática a los resultados de la organización, así como los beneficios que esta ofrece, conceptos generales, papel de los trabajadores en la temática, problema que resuelve la investigación. Se realiza con el propósito de fomentar una cultura en materia medioambiental y de ecología industrial. Es importante tener en cuenta la información recibida directamente de los trabajadores y no olvidar el derecho de estos a participar y ser consultados en el diseño, adopción y cumplimiento de las acciones de mejora.

### **Etapa II: Estudio de procesos de producción con enfoque de Ecología Industrial**

En esta etapa está conformada por seis pasos donde es necesario recopilar información acerca de los procesos de la empresa y, realizar una descripción detallada de los mismos para analizar los materiales empleados en cuanto a su utilización eficiente. Se obtiene a partir de lo anterior un inventario de materias primas de entrada, el uso de energía y las salidas del proceso para posteriormente conocer el manejo que se le da a los mismos. Este es un elemento clave para conocer si en la empresa se están desarrollando buenas prácticas en cuanto a su gestión ambiental, ya que es necesario que las organizaciones asuman su propia responsabilidad ambiental hacia la sociedad.

Se precisa además la aplicación de diversas herramientas para el progreso de esta etapa, alguna de ellas son:

- 🌍 Mapa general de procesos.
- 🌍 Análisis de Regresión.
- 🌍 Diagrama SIPOC.
- 🌍 Gráficos de Control.
- 🌍 Balance de masa y energía.
- 🌍 Lista de chequeo.

### Paso 5: Análisis de los procesos de la empresa

Para la recolección de los datos involucrados en la producción se deben describir los sistemas interrelacionados entre sí, que hacen posible la obtención estable y confiable del producto. Una de las herramientas que se utilizan para representar los procesos identificados y sus interrelaciones, es precisamente el mapa de procesos, que viene a ser la representación gráfica de la estructura de procesos que conforman el sistema de gestión.

La agrupación de los procesos dentro del mapa permite establecer analogías entre procesos, al tiempo que facilita la interrelación y la interpretación del mapa en su conjunto. El tipo de agrupación puede y debe ser establecido por la propia organización, no existiendo para ello ninguna regla específica. Considerando la agrupación elegida por la organización, el mapa de procesos debe incluir de manera particular los procesos identificados y seleccionados, planteándose la incorporación de dichos procesos en las agrupaciones definidas.

Otro de los medios para lograr la recolección de los datos involucrados en la producción y describir así los sistemas interrelacionados entre sí, es el Diagrama SIPOC, una de las herramientas fundamentales que posibilitan el comienzo de una gestión. Dicha herramienta aplicada en la metodología seis sigma, es utilizada por un equipo para identificar todos los elementos relevantes de un proceso organizacional antes de que el trabajo comience. Ayuda a definir un proyecto complejo que pueda no estar bien enfocado.

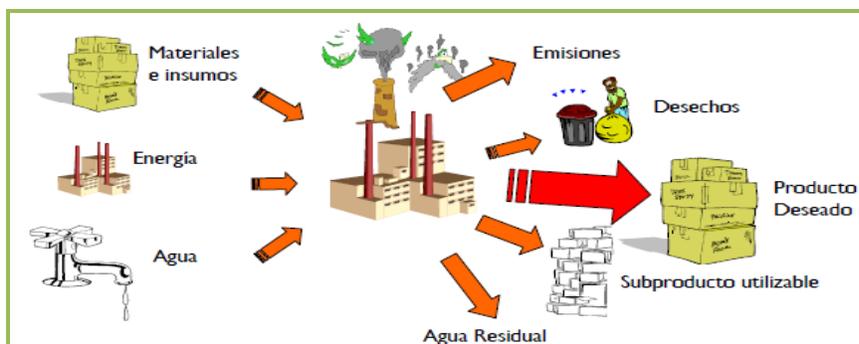
El nombre de la herramienta incita a un equipo considerar a los suministradores (la “S” en el SIPOC) del proceso, de las entradas (la “I” en el SIPOC), del proceso (la “P” en el SIPOC) que su equipo está mejorando, de las salidas (la “O” del SIPOC), y de los clientes (la “C” en el SIPOC) que reciben las salidas del proceso. Los requerimientos de los clientes se sugieren añadir al final del SIPOC con la letra “R” para un mejor conocimiento del proceso.

La herramienta SIPOC es particularmente útil cuando no se tiene claridad suficiente acerca de aspectos tales como:

- 🌐 ¿Quién provee entradas al proceso?
- 🌐 ¿Qué actividades conforman el proceso?
- 🌐 ¿Cómo se interrelacionan estas actividades?
- 🌐 ¿Qué especificaciones se plantean a las entradas?
- 🌐 ¿Quiénes son los clientes verdaderos del proceso?
- 🌐 ¿Cuáles son los requerimientos de los clientes?

### Paso 6: Balance de masa y energía

El balance de masa y energía intercambiadas con el entorno permita identificar y cuantificar, de manera sistemática, los flujos que entran y salen de un sistema (ver **Figura 2.2**).



**Figura 2.2:** Diagrama de entradas y salidas. **Fuente:** (Centro de Producción más Limpia de la Corporación de Investigación Tecnológica de Chile, INTEC, 2000).

Un balance de masa está basado en el axioma que dice: “la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma”. Por lo tanto, a través del balance de masa, no sólo se tiene una mejor comprensión de lo que ocurre con las entradas y salidas, sino también permite identificar el origen de los residuos y, a menudo, la existencia de pérdidas de masa que, de otra manera, pasarían desapercibidas. El balance inicial debe ser considerado como una evaluación aproximada que debe ser revisada y perfeccionada.

De acuerdo al tamaño y complejidad de la planta, se puede elaborar un balance de masa para cada operación unitaria o un solo balance para todo el proceso, puede ser suficiente. Para esto, se debe contar con información elaborada para cada operación unitaria y para el proceso global. Una vez evaluada la información, se decide si deben incluirse todas las entradas y salidas en el balance de masa, y/o se hacen balances unitarios por separado. Para fines de seguimiento y evaluación de la planta, se debe procurar utilizar siempre las mismas unidades de medición (preferentemente, el Sistema Internacional (SI) de unidades), la unidad de tiempo (por hora, día, mes o año) y la referencia para calcular los consumos específicos (por unidad de producción o por unidad de materia prima). Asimismo, se debe usar valores medidos en unidades estándar con referencia al, o los diagramas de flujo.

El balance de materiales establece que el peso total de los materiales que ingresan a un proceso (materia prima, insumos, energía, agua), es igual al de los productos, subproductos, residuos y emisiones que salen del mismo y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Materias primas} - (\text{Productos} + \text{Subproductos}) = \text{Residuos} + \text{Emisiones}$$

Un balance de masa requiere de una sustancia que permita el vínculo y que sirva de base para medir la eficiencia de los procesos. La selección de esta sustancia puede ser en función de varios posibles parámetros como: un recurso caro, una sustancia peligrosa, un recurso común a la mayoría de los procesos, un parámetro fácil de medir o la sustancia que da sentido al proceso.

Una de las principales razones para contabilizar la masa de los residuos, es el aspecto económico, debido a que las pérdidas significan costos. El balance de masa ayuda a la cuantificación de los residuos, y es el primer paso para su minimización.

Un buen balance de masa no solo refleja la adecuada recolección de datos, sino que asegura entender el proceso y sus operaciones. En la práctica, rara vez ocurrirá que, por la complejidad que supone la determinación de valores exactos, las entradas igualen a las salidas, por lo que se requiere tener un buen criterio para determinar qué nivel de precisión es aceptable. Para llevar a cabo los balances se toma en cuenta lo expuesto en (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

El registro de las fuentes de los datos es importante, los mismos se tomarán sobre:

- 🌍 Las cantidades y costos anuales del agua y las mayores entradas de materias primas.
- 🌍 Las cantidades y costos de las entradas anuales de portadores energéticos.
- 🌍 La producción anual de productos de la empresa.
- 🌍 La cantidad anual de desperdicios materiales o emisiones y estimación de algunos costos asociados con estos desperdicios.

Como resultado de la aplicación de esta herramienta se identifican y cuantifican las materias primas de entrada, energía, salidas y residuos del proceso; para posteriormente conocer el manejo que se le da a los mismos, para ello es precisa la aplicación de una lista de chequeo (ver **Anexo 14**).

En este paso también se pueden aplicar herramienta de calidad, tales como: Análisis de regresión, Cartas de Control, Diagrama Causa-Efecto; Análisis de Modos y Efectos de Fallos, Gráficos de Pareto u otras que se considere de oportuna utilización. A continuación se resume aspectos importantes de las mismas, para un análisis más detallado referirse a (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2007). Para llevar a cabo una correcta aplicación de las mismas puede apoyarse para el procesamiento estadístico de los datos en *software*

como, *IBM SPSS Statistics* versión 19 y *Statgraphics Centurion VX.II*, así como otros que considere de utilidad.

🌐 **Análisis de regresión:** Es el conjunto de procedimientos que se ajustan a un modelo de regresión estadístico. En un modelo de regresión, la variable de respuesta Y es expresada como una función de una o más variables preestablecidas de X, más el ruido.

🌐 **Cartas de control:** Es una gráfica que sirve para observar y analizar con datos estadísticos la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Esto permitirá distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales, lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y así decidir las mejores acciones de control y mejora

🌐 **Diagrama Causa-Efecto:** es la representación de varios elementos (causas) de un sistema, que pueden contribuir a un problema (efecto). Herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos. La naturaleza del diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas.

🌐 **Análisis de Modos y Efectos de Fallos:** Es un procedimiento para identificar y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso, junto con el efecto que provocan éstas. A partir de lo anterior, se establecen prioridades y se deciden las acciones para intentar eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran las fallas potenciales que más vulneran la confiabilidad del producto o proceso.

🌐 **Gráficos de Pareto:** Gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “pocos vitales, muchos triviales”, el cual reconoce que unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos generan muy poco del efecto total.

### **Paso 7:** Aplicación de indicadores de desarrollo sostenible

La huella ecológica es un indicador de sostenibilidad de índice único, desarrollado por Rees y Wackernagel en 1996, que mide todos los impactos que produce una población, expresados en hectáreas de ecosistemas o “naturaleza”. Utilizada habitualmente para regiones o países, en anteriores trabajos se ha constatado que dicho indicador podía utilizarse también en las empresas y en cualquier tipo de organización (Doménech Quesada, 2006).

La huella ecológica transforma todos los consumos de materiales y energía a hectáreas de terreno productivo (cultivos, pastos, bosques, mar, suelo construido o absorción de CO<sub>2</sub>) brindando una idea clara y precisa del impacto de nuestras actividades sobre el ecosistema. Bajo el punto de vista de Doménech Quesada, (2006), es el indicador "final" porque transforma cualquier tipo de unidad de consumo (toneladas, kilowatios, litros), así como los desechos producidos, en un único número totalmente significativo. La forma de cálculo y un resumen detallado del proceder de las mismas se muestra en el **Anexo 15**.

Mientras que la Huella Hídrica de la Producción es el volumen de agua dulce utilizado para producir bienes, medida a lo largo de toda la cadena de abastecimiento, especificada geográfica y temporalmente. El cálculo se realiza, según (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2010), la expresión que se muestra a continuación, además en la **Tabla 2.2** puede ver la determinación de las aguas que componen la Huella Hídrica y posteriormente se exponen la definiciones de los componentes de dicha huella.

$$\text{Huella Hídrica (m}^3\text{/unidad de producto)} = \sum \text{Aguas (Verdes + Azules + Grises)}$$

Donde:

-  Huella Hídrica verde: el volumen de agua de lluvia que se evapora durante la producción de los bienes; para productos agrícolas, ésta es el agua de lluvia almacenada en el suelo que se evapora de los campos de cultivo. La huella hídrica verde es el volumen de agua de lluvia consumida durante un proceso de producción.
-  Huella Hídrica azul: el volumen de agua dulce extraído de fuentes superficiales o de aguas subterráneas que utiliza la gente y no es devuelta. Cuando se divide por la cantidad de producto que se deriva del proceso, la huella hídrica de proceso también se puede expresar en términos de volumen de agua por unidad de producto
-  Huella Hídrica gris: el volumen de agua requerido para diluir los contaminantes liberados en los procesos de producción hasta tal concentración que la calidad del agua se mantenga por encima de los estándares de calidad acordados.

**Tabla 2.2:** Expresiones de cálculo para las aguas que componen la Huella Hídrica. **Fuente:** Elaboración propia a partir de (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2010).

Agua	Forma de cálculo
Azul	<p><b>Aguas azules</b> (<math>m^3/unidaddeproducto</math>) = <math>[\sum(A_{pi})/P_{Bx}]</math></p> <p><math>\sum A_{pi}</math>: Sumatoria de cada uno de los volúmenes de aguas residuales generadas en las diferentes actividades del proceso.</p> <p><math>P_{Bx}</math>: Producción bruta total en un periodo de tiempo.</p>
Verde	<p><b>Aguas verdes</b> (<math>m^3/unidaddeproducto</math>) = <math>[\sum Aguaverde(evaporada + incorporada)]/P_{Bx}</math></p> <p><math>P_{Bx}</math>: Producción bruta total en un periodo de tiempo.</p>
Gris	<p><b>Aguas grises</b> (<math>m^3/unidaddeproducto</math>) = <math>\frac{L}{C_{max} - C_{nat}} / P_{Bx}</math></p> <p><math>L</math>: Carga contaminante total generada en las diferentes actividades de la producción (masa/tiempo).</p> <p><math>C_{max}</math>: Concentración máxima aceptable de este contaminante (masa/volumen), según la NC 521: 2007, Límite Máximo Permissible Promedio para los parámetros de los residuales líquidos.</p> <p><math>C_{nat}</math>: Concentración natural en el agua del cuerpo receptor (masa/volumen).</p> <p>Nota: cuando las concentraciones naturales no se conocen con precisión pero se estiman ser bajas, por simplicidad se puede suponer <math>C_{nat} = 0</math>.</p> <p><math>P_{Bx}</math>: Producción bruta total en un periodo de tiempo.</p>

**Paso 8:** Diagnóstico de residuos

Esta tiene como eje central la identificación, manejo y caracterización de residuos y se realiza con el objetivo de conocer si el sistema industrial actual de la empresa es de tipo lineal, de retroalimentación y ciclos internos en el sistema o totalmente cíclico y con ello proponer sobre la base de la Ecología Industrial, el cierre de ciclo de materia.

El propósito es conocer el manejo que reciben los residuos, siendo este necesario para lograr una adecuada gestión de los mismos. Consiste en la identificación cada uno de ellos, para lo cual es necesario realizar un estudio exhaustivo de todos los procesos productivos de la empresa, con el fin de determinar los residuos que se generan a partir de cada uno de ellos.

De igual forma caracterizar en cuanto a propiedades particulares que presentan, tratamiento actual, y otros elementos que aporten información de cada uno de los residuos identificados previamente; para de esta forma evaluar las opciones disponibles en cuanto a su gestión.

Para dar cumplimiento a lo planteado anteriormente se puede hacer uso de formularios (ver **Anexo 16**) y una lista de chequeo (ver **Anexo 17**), donde se recoja información acerca de los residuos que se producen, de qué procesos se derivan, en qué puntos se generan; así como el manejo que estos obtienen, su reducción, reutilización, reciclaje y disposición.

### **Paso 9:** Búsqueda de alternativas para el aprovechamiento de los residuos identificados

En este paso se traza el objetivo investigara partir de búsqueda bibliográficas, consulta a expertos, entre otras vías, la utilidad que tienen los residuos de la empresa como materia prima de entrada (a la propia empresa o a otra empresa).

Luego de conocer la utilidad que tiene los residuos se propone en qué pueden ser usados los mismos para su aprovechamiento, o pudiera darse el caso de que los actualmente tienen un destino en la empresa, exista otra mejor opción. De esta forma se pretende cerrar el ciclo metabólico de materia, disminuyendo así los diferentes residuos que generan los sistemas productivos lineales al introducir éstos como nuevos insumos materiales. Así se incentiva la prevención de la contaminación alentando la innovación tecnológica, fundamentada a través del fortalecimiento en la reformulación de los productos y procesos; rediseño del equipo productivo y un mayor impulso a la recuperación de recursos; jugando un papel muy importante para el logro de estos objetivos, el ecólogo industrial.

### **Paso 10:** Problemas detectados durante la investigación

En esta etapa se define el inventario de malas prácticas, indisciplinas tecnológicas, problemas ambientales, entre otras deficiencias encontradas durante el recorrido por el objeto de estudio, así como todos los análisis realizados en la implementación del procedimiento.

Debe tenerse en cuenta que los recorridos deben llevarse a cabo cuando la fábrica se encuentre funcionando en su totalidad, además se debe considerar la participación del jefe de planta y del jefe de mantenimiento para obtener con la mayor precisión los resultados acerca de los problemas existentes. Además de la observación directa en los recorridos se toma en cuenta los resultados obtenidos de la listas de chequeo y formularios aplicados anteriormente. Algunas de las herramientas utilizadas para el desarrollo de este paso se abordan a continuación:

## Capítulo II: Procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial

---

Inspección visual: esta herramienta es un método de exploración física que se efectúa por medio de la vista, con el objetivo de detectar características físicas significativas, así como observar y discriminar en forma precisa los comportamientos anormales en relación con los normales.

Análisis de documentación: examinar, estudiar elementos o principios de archivos de la empresa con el fin de obtener información y realizar una comparación de los datos obtenidos con la realidad del proceso y se verifican las condiciones de operación, mantenimiento y limpieza de las instalaciones.

### Tormenta de Ideas (*Brainstorming*)

Esta es una técnica de grupo para la generación de ideas nuevas y útiles, que permite, mediante reglas sencillas, aumentar las probabilidades de innovación y originalidad.

Para la aplicación de esta técnica se tendrá en cuenta el criterio de la autora de la investigación en conjunto con el equipo de trabajo definido anteriormente; siendo necesario:

- 🌐 Redactar el objeto de la tormenta de ideas.
- 🌐 Preparar el *Brainstorming* (comunicación del objetivo, material).
- 🌐 Presentar las cuatro reglas conceptuales: ninguna crítica, ser no convencional, cuantas más ideas mejor y apoyarse en otras ideas.
- 🌐 Realizar la tormenta de ideas, con el objetivo de la sesión y las ideas que van surgiendo escritas en lugar visible, y finalizando antes de que se note cansancio.
- 🌐 Procesarlas ideas.

### **Etapas III: Acciones para la mejora de la Ecología Industrial**

En esta etapa se elaboran un conjunto de acciones de mejora enfocadas hacia la eliminación de los problemas identificados en el reconocimiento de la planta con el objetivo del cierre de ciclo de materia a través de la reducción, reutilización, reciclaje. Además se lleva a cabo un estudio de factibilidad a través de una evaluación técnica, ambiental y económica de las diferentes opciones propuestas. Por último se plantea la implantación de las mejoras y el monitoreo de los resultados, esta última acción se ejecuta mediante la aplicación y seguimiento de indicadores que permitan, entre otras cosas, verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos por los enfoques de la Ecología Industrial.

Para el desarrollo de la etapa se emplean herramientas como: método Delphi, Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Período de Recuperación de la Inversión (PRI) e indicadores de desarrollo sostenible como la Huella Ecológica Corporativa e Hídrica.. Para el desarrollo de esta etapa se describen a continuación los pasos a realizar.

### **Paso 11:** Propuestas de acciones de mejora

En base a estos problemas identificados se confeccionan las acciones de mejora con el objetivo de aminorar las deficiencias encontradas en el objeto de estudio y optimizar recursos reutilizándolos y/o reciclándolos. Luego se le da un orden de importancia para priorizarlas en aras de reducir los problemas de mayor urgencia detectados en el recorrido realizado; efectuando esta acción mediante el método de expertos. La elaboración de las mejoras se realiza aplicando discusiones de grupos, reuniones participativas, entre otras técnicas de grupos; una vez identificadas dichas mejoras, se procede a la implantación de las mejoras. La posterior evaluación de la factibilidad técnica, económica y ambiental de las acciones propuestas, requiere de una priorización de las mismas. Para esto se realizará un método de expertos, los pasos que se siguen para ello se muestran en el **Anexo 13**.

### **Paso 12:** Estudio de factibilidad técnica, económica y ambiental

Este paso tiene como objetivo evaluar la factibilidad que tienen las mejoras priorizadas anteriormente; por lo que el equipo de trabajo debe emprender un chequeo detallado de las opciones de mejora encontradas en la categoría que se requiera para determinar cuáles sean las factibles a aplicar. Debe realizar las evaluaciones usando criterios técnicos, medio ambientales y económicos.

Para dar cumplimiento a este paso se realiza la **Evaluación Técnica** de las diferentes opciones, donde debe considerarse el impacto que tendrán esas opciones en las tasas de producción, tiempos de operación, adición o eliminación de operaciones unitarias, capacitación adicional y/o cambio de personal. Para esto deben desarrollarse los siguientes aspectos:

- 🌐 Detallar los cambios técnicos necesarios para implementar cada medida.
- 🌐 Determinar la factibilidad técnica de implementar los cambios requeridos por cada medida.

La factibilidad técnica de los cambios se determina en términos de la viabilidad de los fenómenos involucrados en las operaciones unitarias, la disponibilidad o accesibilidad a

tecnología, materias primas e insumos, espacio físico, logística, servicios. y las condicionantes que impedirían o limitarían la viabilidad técnica del cambio propuesto.

También es preciso efectuar la **Evaluación Ambiental** de las diferentes opciones, la que está destinada a cuantificar el grado de reducción en la generación de emisiones, residuos, consumo de energía, consumo de materia prima y otros así como la mejora que supondrían en los indicadores de desarrollo sostenible. Como criterio de selección debe darse mayor peso a aquellas opciones cuya implantación, signifique una reducción de alta escala.

La **Evaluación Económica** tiene la finalidad de determinar si las opciones a implantar son rentables para la empresa. La viabilidad económica consiste en evaluar el impacto económico de las recomendaciones de mejora planteadas, tanto desde el punto de vista de la inversión como de los costos y beneficios de su implementación. En la práctica los métodos más usados para realizar este análisis son el cálculo del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación de la Inversión (PRI).

### Período de recuperación de la inversión

El método es uno de los más usados entre los métodos estáticos. El tiempo de retorno representa el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial (se anticipa al futuro). Un periodo más largo de tiempo implica mayor riesgo (pues pueden cambiar las condiciones) y una reducción de la liquidez de la compañía (el capital está congelado en la inversión y sólo se recupera gradualmente).

El método del retorno de la inversión es la forma más simple de comparar económicamente una o varias ideas de un proyecto. El método explica cuánto tiempo se tardará en librar la inversión realizada en el proyecto. Un largo período de tiempo implica un mayor riesgo y reducción de la liquidez. La alternativa con el menor tiempo de retorno debe ser la elegida.

$$PRI = \frac{I}{Q}$$

Donde:

PRI = Período de recuperación de la inversión

I = Inversión neta

Q = Ahorro anual = (en promedio) Flujo de caja debido a la inversión =  
(dinero entra) – (dinero sale)

### Valor Actual Neto (VAN)

Considerado por la mayoría de los autores como el mejor criterio para tomar decisiones de inversión. Se calcula comparando el valor actual del proyecto con el desembolso inicial del mismo. En términos analíticos se expresa de la siguiente forma:

Donde:

VAN: Valor actual neto del proyecto.

In: Inversión neta del proyecto

FC<sub>t</sub>: Flujo de caja neto del proyecto en el año t.

Td: tasa de descuento o costo de oportunidad del capital

n: vida útil de la inversión

t: períodos de tiempo (años) de la inversión (t = 1,2,3,... n)

$$VAN = -In + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + Td)^t}$$

Si el proyecto tiene un VAN positivo estará entonces generando más efectivo del que necesita para rembolsar su deuda y proporcionar un rendimiento a la inversión. En otras palabras, el proyecto está valorado por encima de su costo y esto proporciona una contribución neta al valor. En el caso de selección de alternativas mutuamente exclusivas será elegida aquella que presente el mayor VAN.

### Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

Donde:

$$TIR = \frac{FC_t}{I}$$

FC<sub>t</sub>: Flujo de caja neto del proyecto en el año t.

I = Inversión neta

Bajo este criterio se aceptan aquellos proyectos cuya TIR es mayor que su costo de oportunidad. Cuando se compara la TIR del proyecto con el costo de oportunidad del capital se está preguntando si el proyecto tiene un VAN positivo. Luego, el criterio de la TIR dará entonces la misma respuesta que el criterio del VAN siempre que este último sea una función uniformemente decreciente del tipo de descuento

### **Paso 13:** Implantación de las acciones propuestas

Este paso tiene como objetivo implantar las acciones de mejora propuestas para la gestión de la Ecología Industrial. Para la implantación, se pone en acción una nueva secuencia de

trabajo que obedece a un proceso diseñado según las indicaciones propuestas en el plan de acción.

En el caso que sea considerado conveniente, inicialmente, puede adoptarse un procedimiento de carácter experimental, que consiste en realizar un proyecto piloto; observar, controlar y evaluar la experiencia implantada; y realizar la implantación definitiva como consecuencia de los resultados positivos obtenidos.

### **Paso 14:** Monitoreo de resultados

Este paso tiene como objetivo verificar si el proceso está funcionando de acuerdo con los patrones establecidos. Este monitoreo es permanente y forma parte de la rutina diaria de trabajo de todas las personas que participan en el proceso, siempre sobre la base del Ciclo Gerencial Básico de Deming (Planear Hacer Verificar y Actuar). Además se debe tener en cuenta el monitoreo de los indicadores aplicados para darle seguimiento a los mismos y permitan saber si ha ocurrido algún progreso.

### **2.2 Valoración de la pertinencia de la implementación del procedimiento diseñado a través del Criterio de Expertos**

Para determinar la pertinencia de la aplicabilidad del procedimiento diseñado para la Gestión de la Ecología Industrial, se toman los criterios de un grupo de expertos. Estos criterios fueron obtenidos luego de desarrollar tres pasos:

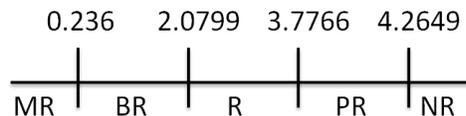
1. Selección de los expertos; lo que se lleva a cabo mediante los pasos 1, 2 y 3 de **Anexo 13**.
2. Envío del procedimiento acompañado de una encuesta (ver **Anexo 18**) para que lo estudien y, en consecuencia, emitan sus criterios acerca del mismo.
3. Procesamiento de las encuestas. Se utiliza para ello como herramienta una hoja de cálculo en Microsoft Excel, la cual se realiza en base al Método Delphi para la evaluación de alternativas de Cortés Manuel, (2005), el cual consiste en:

El método Delphi puede ser aplicado para evaluar alternativas, sometidas a un grupo de expertos a que den categorías de evaluación a las alternativas previamente seleccionadas por el facilitador. El proceder de este método se detalla en el **Anexo 19**.

### 2.2.1 Resultados de la valoración de la pertinencia de la implementación del procedimiento diseñado

Los resultados de la validación se presentan en el **Anexo 20**, donde se conforma un grupo de 11 expertos en el rango de clasificación entre alta y media (ver **Tabla 1 Anexo 20**), los cuales realizan la valoración.

Como resultado se confecciona una tabla de doble entrada donde se refleja el total de respuestas por aspectos consultados y categorías señaladas, obteniéndose una tabla de frecuencia absoluta (ver **Tabla 2 Anexo 20**), a partir de la cual se obtuvieron las tablas de frecuencia absoluta acumulada (ver **Tabla 3 Anexo 20**), y la de frecuencia relativa acumulada (ver **Tabla 4 Anexo 20**), esta última se efectuó dividiendo el valor de cada celda de la tabla anterior entre el número de expertos consultados, en este caso 11. Posteriormente, se buscaron las imágenes de cada uno de los valores de las celdas de la tabla frecuencia relativa acumulada por la inversa de la curva normal, obteniéndose los puntos de corte (ver **Tabla 5 Anexo 20**), los cuales se utilizaron para determinar la categoría o grado de adecuación de cada pregunta, según la opinión de los expertos consultados. De esta manera a partir de los resultados obtenidos en la **Tabla 6 Anexo 20**, los intervalos obtenidos para cada categoría de evaluación a partir de los puntos de corte fueron:



Luego, se compararon los resultados obtenidos en cada una de las alternativas con los respectivos puntos de corte, para llegar a conclusiones sobre la categoría en que los expertos coinciden en ubicar cada alternativa sometida a su valoración. Estos resultados se pueden constatar en la **Tabla 2.3**, donde se observa que los expertos coinciden en valorar como muy relevante la coherencia que existe entre las etapas que componen el procedimiento, lo práctico y aplicable que resulta. Así como bastante relevante, la claridad en cuanto al modo de proceder en cada una de las etapas; la contribución de la Gestión de la Ecología Industrial al uso de nuevas y mejores tecnologías de producción; la contribución de la implementación del procedimiento al cierre del ciclo de materia y; finalmente, consideran que el procedimiento es aplicable a otras empresas.

**Tabla 2.3:** Resultados de la evaluación de las alternativas, según el criterio de expertos.

**Fuente:** Elaboración propia.

Alternativas	Categoría
Existe coherencia entre las etapas que componen el procedimiento.	<b>Muy Relevante</b>
Existe claridad en cuanto al modo de proceder en cada una de las etapas.	<b>Bastante Relevante</b>
El procedimiento es práctico y aplicable.	<b>Muy Relevante</b>
La Gestión de la Ecología Industrial contribuye al uso de nuevas y mejores tecnologías de producción, nuevos o mejorados productos y acciones ambientales más eficientes.	<b>Bastante Relevante</b>
La implementación del procedimiento propuesto contribuye al cierre del ciclo de materia en las empresas.	<b>Bastante Relevante</b>
El procedimiento es aplicable a otras empresas, es generalizable.	<b>Bastante Relevante</b>

Se realiza la prueba de hipótesis (ver **Tabla 7 Anexo 20**) para determinar si hay consistencia en el criterio de los expertos, y resulta que no se puede rechazar la idea de que exista concordancia en sus criterios.

En general, la aplicación del método de expertos muestra resultados satisfactorios, lo que corrobora la pertinencia del procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial, permitiendo asegurar que su adecuada implementación contribuirá a la mejora de la organización en cuanto a la responsabilidad ambiental y sostenible con el entorno.

### 2.3 Conclusiones parciales del capítulo II

1. El procedimiento propuesto para la Gestión de la Ecología Industrial, basado en sus enfoques teóricos, constituye una herramienta importante que contribuye a la mejora de la organización en cuanto a la responsabilidad ambiental y contribuya a la sostenibilidad, el mismo queda conformado por tres (3) etapas y catorce (14) pasos.
2. La correcta implementación del procedimiento, exige de la utilización de herramientas, técnicas para recopilación y el análisis de datos, como: balances de masa y energía, listas de chequeo, cartas de control, los indicadores de desarrollo sostenible Huella Ecológica Corporativa y la Huella Hídrica, análisis de factibilidad económica a partir del VAN, TIR, IR y PRI; así como la ejecución de trabajo en equipo y el empleo de recursos por parte de la empresa.

3. Se incluye en el procedimiento el empleo de paquetes y programas estadísticos como el *IBM SPSS Statistics* versión 19 y *Statgraphics Centurion XV.II*; así como un *software* para el Cálculo de la Huella Ecológica.
4. El procedimiento diseñado, muestra resultados satisfactorios en la valoración de la pertinencia de su aplicación a través del criterio de los expertos; demostrando la ventaja de su implementación para el desarrollo productivo sustentable.

A dynamic splash of white liquid, likely milk, is captured in mid-air against a light, neutral background. The splash originates from the left side of the frame and moves towards the right, creating a sense of motion. The liquid is bright white with some subtle shading to give it a three-dimensional appearance. The edges of the splash are irregular and jagged, with several small droplets trailing behind the main body of the liquid. The overall composition is clean and minimalist.

*Capítulo III*

## **Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray**

---

### **Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray**

En el presente capítulo se realiza la implementación del procedimiento expuesto en el capítulo anterior para la Gestión de la Ecología Industrial. A través de esta herramienta de gestión que contribuye a la mejora de las organizaciones en cuanto a la responsabilidad ambiental con el entorno, permite además identificar y caracterizar los residuos. Asimismo proponer en qué pueden ser estos usados para su aprovechamiento y con ello formular un conjunto de acciones de mejora que le permitan a la empresa optimizar recursos y cerrar el ciclo de la organización.

#### **3.1 Implementación del procedimiento diseñado para el desarrollo de la investigación**

La implementación del procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial se realiza siguiendo la sucesión de las etapas y pasos propuestos con anterioridad, tomando como objeto de estudio la Empresa de Productos Lácteos Escambray. A continuación se exponen los resultados de la implementación de dicho procedimiento.

##### **Etapas I: Prueba de necesidad**

Antes de irrumpir en el análisis de la situación de los residuos industriales en la provincia de Cienfuegos es necesario conocer los principales problemas ambientales del país y de la provincia (ver **Anexo 21**). Se evidencia que estos tienen una compleja y dinámica interrelación ya que hay algunos de estos problemas ambientales que coinciden a nivel nacional y territorial, siendo uno de estos la contaminación. Este es uno de los problemas ambientales latentes en la actualidad, siendo por tal razón de gran interés para el cuidado y preservación del medio ambiente el estudio de la mejor disposición final de los residuales con el fin de mitigar impactos ambientales negativos y tender a la sostenibilidad como lo pretende la Ecología Industrial.

##### **Paso 1: Análisis de los residuos industriales en la provincia de Cienfuegos**

Al considerar la información brindada por la Delegación Territorial Cienfuegos del CITMA, la Unidad de Gestión del CITMA, el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC) y la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE) se puede caracterizar y analizar los residuos industriales en la provincia de Cienfuegos. La información compilada recoge el período del año 2012 y el análisis se hace a partir de los residuales sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera, pudiéndose llegar a conclusiones de estos elementos. Dicha información fue

### **Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray**

---

tomada de informes y bases de datos, con los cuales trabajan las entidades mencionados anteriormente.

#### Análisis de los residuos: contaminación por sólidos.

Presenta grandes dificultades la gestión de los residuos sólidos con un enfoque de Ecología Industrial en el país en general y en nuestro territorio en particular, a pesar de ciertos avances. Algunas de estas dificultades radican en la insuficiente disponibilidad de depósitos adecuados para la segregación, colección y almacenamiento de la basura y del equipamiento especializado para su tratamiento y reciclado, además de la inestabilidad y deficiente calidad de la recogida y transportación de los residuos; el mal estado técnico del parque automotor; la insuficiente infraestructura y el deficiente estado técnico de los vertederos oficiales tanto a cielo abierto como los de relleno sanitario y la proliferación de microvertederos ilegales. Se realiza un sondeo general de la situación dichos residuos que se muestra en el **Anexo 22** pero a manera de resumen se puede destacar que en la provincia se generan un promedio anual de 835.9 Mm<sup>3</sup> de basura general, concentrándose más del 50% en los municipios de Cienfuegos 30.6%, Abreus 13.5% y Cumanayagua 13.0%, repartiéndose el resto en los otros municipios.

Cabe destacar que en la industria son grandes los volúmenes de residuos sólidos que se generan producto a los procesos de producción o servicios y el reciclaje no es totalmente eficiente ya que existen problemas con la caracterización de estos residuales y el manejo que se les da a los mismos, donde existen serios problemas con su disposición y aprovechamiento.

#### Análisis de los residuos: contaminación por emisiones atmosféricas.

Este análisis de las emisiones a la atmósfera es muy limitado producto a la inexistencia de un instrumento para medir, gestionar y así minimizar las emisiones que tanto dañan el ecosistema atmosférico. Aún cuando se han realizado grandes esfuerzos por mantenerlo, no se cuenta con un trabajo sistemático en gran medida determinado por estas limitaciones económicas para adquirir el equipamiento necesario por lo que no se cuenta con una valoración adecuada de éstas y no existe una evaluación real de sus efectos al medio ambiente.

Teniendo en cuenta que estas emisiones pueden ser de origen antrópica o natural (ver **Anexo 23**), se analizan estas también de manera global en el **Anexo 24**. Se puede destacar que en el territorio las principales afectaciones a la atmósfera están dadas por la producción

### **Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray**

---

de gases de efecto invernadero debido fundamentalmente por compuestos del azufre y el nitrógeno generados por la utilización del crudo cubano, por la obsolescencia del transporte automotor por la emisión de sustancias agotadoras del ozono y por las concentraciones de polvo y material sedimentable. Es importante destacar que el sector industrial es el mayor contaminador y el que más contribuye a la situación ambiental actual por ser grandes consumidores de combustibles.

#### Análisis de los residuos: contaminación por líquidos.

Cienfuegos está conformado por ocho municipios y en estos hay un número considerable de empresas o entidades que representan focos contaminantes de residuos líquidos de interés nacional, donde los tres municipios que representan casos críticos son Cienfuegos, Palmira y Cumanayagua ya que tienen mayor cantidad de focos contaminantes, representando cada uno el 21, 16 y 15% respectivamente del total.

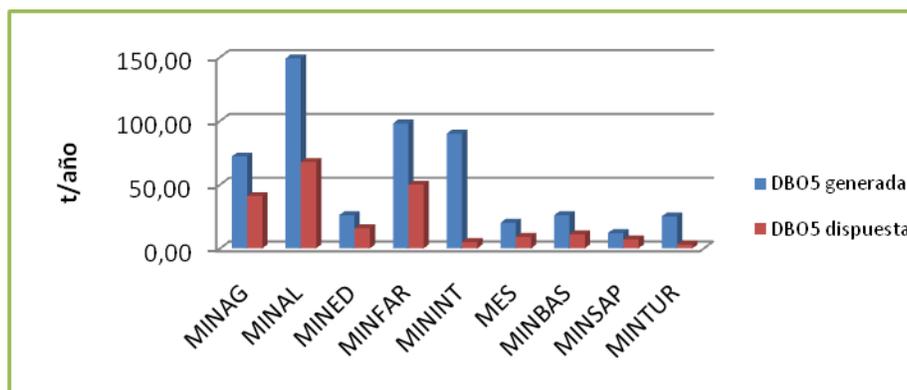
Estas empresas o entidades que representan focos contaminantes de residuos líquidos de interés nacional según los diferentes municipios, vierten sus residuos líquidos a diferentes cuencas hidrográficas que tienen su desembocadura en la Bahía de Cienfuegos. Es importante tener localizado aquellas donde existan más problemas de contaminación y resulta que hay mayor cantidad de empresas que vierten en un primer lugar a Damují (32), en segundo lugar a la Bahía de Cienfuegos (18) y en un tercero a Arimao (14), siendo estas las de mayor riesgo y/o afectación producto a la contaminación.

En el **Anexo 25** se muestra el análisis de los municipios y cuencas anteriormente realizado, donde se exponen tablas con los datos relevantes y gráficos ilustrativos. Sin duda al analizar la tabla resumen del anexo se tiene que, el primero y tercer municipios con mayor cantidad de focos contaminantes (Cienfuegos y Cumanayagua) contribuyen significativamente a la situación de las cuencas que tienen mayor afectación, debido a que las 32 empresas que vierten a las cuencas Arimao y la Bahía pertenecen a estos.

Para centralizar el estudio donde existan mayores problemas de contaminación, se decide considerar los organismos (organizadas en un total de nueve organismos de interés) que están incluidos en las cuencas de la Bahía y Arimao, ya que ambos son ecosistemas priorizados. Arimao aunque queda en tercer lugar es una de los puntos rojos ya que no tienen una adecuada gestión de estos residuos 38 Empresas Pecuarias, pues no tienen calculada la demanda bioquímica de oxígeno, debido a que el ganado no está estabulado, también se halla el área protegida de la “Laguna de Guanaroca”.

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

En el **Anexo 26** se muestra una tabla con los datos relevantes que permiten identificar aquellos organismos que tengan una mayor carga orgánica contaminante generada y dispuesta a las cuencas que tributan, mediante la que se obtiene el **Gráfico 3.1**. Como se ilustra, de los nueve organismos representados el que más sobresale es el Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL), con una mayor carga contaminante generada y dispuesta.



**Gráfico 3.1:** Carga orgánica contaminante generada y dispuesta en los diferentes organismos de las cuencas la Bahía y Arimao. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la Unidad de Gestión del CITMA.

Se hace un análisis de la carga contaminante en el organismo seleccionado como puntero, agrupando la información de este parámetro en las empresas que lo conforman (ver **Anexo 26**) y luego se identifican las empresas con la mayor  $DBO_5$ , quedando la Empresa Productos Lácteos Escambray la más contaminante (ver **Tabla 3.1**).

**Tabla 3.1:** Carga orgánica contaminante en las empresas seleccionadas. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la Unidad de Gestión del CITMA.

Empresas del MINAL	$DBO_5$ (generada)	$DBO_5$ (dispone)
Empresa Productos Lácteos Escambray	73	22
Empresa Glucosa Cienfuegos	31	21
Fábrica de Conserva "El Faro"	15	9

#### Paso 2: Descripción del objeto de estudio

En Cienfuegos dentro de la economía Provincial, parte de su desarrollo alimentario fundamental corresponde a la Empresa de Productos Lácteos "Escambray" (EPL), anteriormente llamada y aún conocida como Combinado Lácteo "Escambray". Está ubicada en el macizo montañoso del Escambray, en el municipio de Cumanayagua, provincia Cienfuegos, específicamente en la antigua finca de Horacio Garbo, Zona Industrial Km 1 en

### **Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray**

---

el perímetro urbano. Sus límites quedan dados por el edificio socio-administrativo de la fábrica Cuba Café al Norte, terrenos de pastos al Sur y Oeste y algunas viviendas al Este.

Se integra a la economía nacional a través del MINAL, particularmente a la Unión Láctea. Fue creada por la Resolución No. 340-76 del 15 de Diciembre de 1976 emitida por el Ministro de la Industria Alimenticia, aunque anteriormente estaba estructurada y funcionaba desde el año 1975. Su construcción comenzó por la Fábrica de Quesos en el año 1973, teniendo en cuenta los factores favorables existentes en esta zona geográfica y las perspectivas de amplio desarrollo concebidas para los planes lecheros circundantes de El Tablón, El Abra, Breñas y La Sierrita.

Posteriormente y por la decisión del Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, a finales del mismo año, dada la ubicación de los equipos tecnológicos, se concibe la construcción de la Fábrica de Helados, y en el año 1989 se concluye la construcción y montaje de la Planta Pasteurizadora perteneciente a esta entidad. Las materias primas, producciones fundamentales, así como suministradores clientes y competidores de la organización se pueden observar en el **Anexo 27**.

Mediante el Acuerdo No.: 5451 de fecha 9 de Mayo del 2005 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros se aprobó que la Empresa de Productos Lácteos “Escambray”, del Ministerio de la Industria Alimenticia comenzara con la aplicación del Perfeccionamiento Empresarial, perdido en el año 2011 debido a auditoría externas e internas las cuales encontraron que el sistema contable era deficiente y que permitía irregularidades. Actualmente se está trabajando para poder nuevamente lograr la condición de perfeccionamiento empresarial.

El contenido de los **Objetivos Empresariales** de la Empresa para el año 2013 se muestra en el **Anexo 28** y la **Misión** de la empresa es: “Elaborar productos Lácteos, derivados de la Soya, de un alto nivel nutricional, que garanticen la Canasta Básica, consumo social, así como productos para la venta en divisa con una calidad acorde a las exigencias del mercado actual, aprovechando la ubicación en el centro sur del país, lo cual facilita estabilidad y competitividad en el mercado”. Mientras que su **Visión** es:

-  Realiza producciones derivados lácteos competitivos, redituables, con tecnologías homologadas a la media internacional.
-  Obtiene utilidades razonables para su patrimonio y el estatal.
-  Sus producciones satisfacen los requerimientos de los clientes del mercado nacional con un incremento progresivo de las ventas.

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

---

- Existe un clima personal y organizacional favorable con predominio de la cooperación mutua en función del interés general de la entidad.
- Dirigen la empresa cuadros con liderazgo muy capaz, altamente motivado y con un elevado nivel de gestión.
- Existe un alto nivel informático y de otras tecnologías de la comunicación a favor de la elevación de la efectividad para el cumplimiento de la misión.
- Se mantiene el liderazgo en la comercialización de producto lácteos y derivados de la soya.
- Existe una estrategia ambiental la que permite y garantiza su inserción en el micro-macroentorno.

La organización cuenta actualmente con una plantilla de 629 trabajadores, todos afiliados al Sindicato de la Industria Alimenticia. La distribución de estos se puede ver en el **Anexo 29** por categoría ocupacional, grado de escolaridad y desglose por Unidades Organizativas con su respectiva representación. Al observar se aprecia que el 81% son operarios y técnicos y el mayor por ciento (34%) tienen noveno grado.

El sistema organizacional lo forman las direcciones ejecutivas compuestas por las tres unidades empresariales de bases productivas (UEB de Helados, Quesos y Producción de Leche y Derivados de la Soya). Estos elementos se muestran en la Estructura Organizacional en el **Anexo 30**; se puede destacar que en su diseño, el organigrama responde en cierta medida al de una estructura horizontal (Plana).

Por la relación que tiene con el objetivo de esta investigación es importante señalar elementos de desempeño medioambiental. Hay que resaltar que el impacto ambiental es significativo en la Empresa de Productos Lácteos por cuanto además de ser los residuales de los productos lácteos agresivos, cuenta también con áreas energéticas, calderas, sistemas de limpieza química, entre otros que inciden en el mismo. Las principales causas de generación de residuos de la empresa y las actividades ambientales negativas más significativas en la entidad se muestran en el **Anexo 31**.

#### **Paso 3:** Definición de alcance y limitaciones

El alcance del estudio contempla los procesos de helado y queso de la Empresa de Productos Lácteos “Escambray” ubicada en la provincia de Cienfuegos. El análisis se realiza en el año 2012.

### **Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray**

---

Se presentaron una serie de limitaciones en la investigación, que perturban la exactitud y calidad de los datos analizados, además de tener que efectuar los cálculos de consumos aproximados. Estas limitantes están dadas porque existe en el caso del agua un solo un metro contador en la empresa y con respecto al fuel oil su consumo se registra por las facturas que llegan a la empresa o por las mediciones efectuadas en los tanques de combustibles de alimentar a las calderas. Provocando esta situación que los consumos se tengan de forma general para toda la empresa, y se desconozca el consumo exacto de recursos por planta o procesos, induciendo tal situación a que en la empresa para el conocimiento de alguno de estos portadores se recurra a la estimación de los mismos.

#### **Paso 4: Formación de equipo de trabajo**

Se informa a todos los empleados sobre los aportes de la gestión de la Ecología Industrial a los resultados de la Organización de tipo ambiental e imagen empresarial y todos los beneficios económicos y de reducción de materiales, portadores y residuos que acarrea la investigación para tener producciones más amistosas con el medio ambiente. Es muy significativo fomentar una cultura en materia medioambiental, tener en cuenta la información recibida directamente de los trabajadores y directivos, ya que es importante su participación y consulta en el diseño, adopción y cumplimiento de las medidas preventivas y correctivas.

Para seleccionar el número adecuado integrantes que conforman el equipo de trabajo de la Empresa de Productos Lácteos “Escambray” se aplican los pasos uno, dos y tres del método de expertos que se encuentra en el **Anexo 17**. Se incluye a empleados claves de las distintas áreas de la empresa, con un alto nivel de compromiso, experiencia y competencia. En el **Anexo 32** se muestran los pasos que se aplican en el método de expertos así como los resultados del mismo. En este caso se cuenta con la cantidad de 8 expertos y el rango de clasificación es entre alta y media.

#### **Etapa II: Estudio de procesos de producción con enfoque de Ecología Industrial**

Para compilar información básica y necesaria acerca de los procesos de la empresa, se realiza la descripción y análisis de los flujos materiales y se obtiene un inventario con la entrada de materiales, agua, portadores, así como las salidas del proceso productivo incluyendo los residuos generados en las diferentes etapas del proceso. También se verifica su utilización eficiente y manejo que se le da a los materiales y residuos; para lo que se ejecutan las actividades subsiguientes.

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

---

#### **Paso 5:** Análisis de los procesos de la empresa

Para la recolección de los datos involucrados en la producción se analizan los sistemas interrelacionados entre sí que hacen posible la obtención estable y confiable del producto. El modo empleado para dicho análisis para reflejar los procesos identificados y sus interrelaciones es el mapa de procesos, que viene a ser la representación gráfica de la estructura de procesos que conforman el sistema de gestión (ver **Anexo 33**).

Es necesario aclarar que se toman los procesos claves para posteriores análisis, aunque estos forman parte de los macro procesos del sistema, es decir en su concepto aglutinan varios procesos (ver **Anexo 34**). Es sabido que en las organizaciones el estudio de sus procesos no se puede realizar al unísono, porque son varias las variables que dificulta ésta idea; pueden ser, por ejemplo, el tiempo de ejecución, el costo de la mejora o la dependencia del sistema. Partiendo de lo antes explicado se decide realizar el estudio en la planta de helado y queso ya que estas son de gran importancia económica para la empresa porque son capaces de recaudar divisas de acuerdo al surtido de productos que confeccionan. Además, de las tres plantas la de queso es la mayor consumidora de agua y la de helado es la mayor consumidora de energía eléctrica.

Con nivel de exactitud se muestra en el **Anexo 35** la descripción del proceso de Helado Crema ya que es la única variedad de este producto que se elabora en el período en estudio y en la actualidad, y en los **Anexos 36, 37 y 38** se presenta el diagrama de flujo, diagrama SIPOC y la ficha del proceso respectivamente. En cuanto al proceso de queso existen varios surtidos, encontrándose el Quesos Azul de Cuba, Fundido, Atlántico, Salame, Alborada, Cuajada Entera, Cumanayagua, Monte Verde y Amaya. Se puede ver en los **Anexos 39, 40 y 41** las mismas herramientas mencionadas con anterioridad, pero aplicadas al queso Cumanayagua. Es distinguido este porque en el 2012 luego del queso fundido es el surtido de mayor producción siendo así de 352.1 t, representando el 26.08% de la producción de quesos totales y por tanto es un producto que incorpora alto valor monetario (750 600CUP). Al ser altas sus producciones y por las características propias del proceso, genera la mayor cantidad de los principales residuos líquidos: suero y agua hiladura ya que tiene como materia prima fundamental la leche, y el fundido la cuajada.

#### **Paso 6:** Balance de masa y energía

Se realiza el balance de las entradas y salidas involucrados con la producción, ya que esta herramienta permite cuantificar, de manera sistemática, los flujos de materiales que entran y salen del sistema. Las características cualitativas de estas entradas y salidas se muestran en

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

el **Anexo 42**. Para realizar la cuantificación se llevan a cabo balances de masa y de los consumos de las materias primas, agua y portadores energéticos a partir de lo expuesto en Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005) y se utiliza el *software Statgraphics Centurion VX.II* para hacer todos los análisis estadísticos pertinentes.

Se revisan documentos para recopilar información de las plantas y empresa general con el propósito de poder hacer comparaciones y tener una idea de cómo se comportan estas con respecto a la organización. Los documentos analizados fueron los balances de materias primas, balances de producción alcanzada; tomando como base los resultados obtenidos en el 2012. Se puede mencionar otros como las facturas de agua, electricidad, fuel oil y diesel donde aparecen reflejados los consumos reales y el plan, además de consultar el cierre de portadores energéticos del año 2012. Esta información básica se presenta en el **Anexo 43**.

#### Balance de materias primas

##### Planta de helado

En el proceso productivo de helado intervienen varias materias primas fundamentales, como se pueden observar en la **Tabla 3.2**. Se desglosan en dicha tabla los datos acerca del consumo planificado y real de las mismas, y en el **Anexo 44** se encuentran las materias primas alternativas del proceso en cuestión.

**Tabla 3.2:** Balance del consumo materias primas fundamentales en la planta de helado del año 2012. **Fuente:** Elaboración propia a partir de informe de producción.

Materias primas fundamentales	Producción helado (Cientos de t)	Consumo de materia prima (t) plan	Consumo de materia prima (t) real	Índice Consumo plan(t /C t)	Índice Consumo real(t /C t)
Azúcar	42,1550	645,881	633,149	15,3217	15,0197
Sal Fina		4,097	4,007	0,0972	0,0950
Estabilizador		20,499	20,008	0,4863	0,4746
Leche polvo		463,394	436,892	10,9926	10,3639
Grasa		407,534	394,689	9,6675	9,3628
Cubos		225305 u	241863 u	5345 u/C t	5738 u/C t

Se aprecia que el índice de consumo real de las materias primas fundamentales, utilizadas para la producción de helado se encuentra por debajo de lo planificado. Con lo referido a los cubos para envasar el helado, el índice de consumo real está por encima de lo planificado, porque los al ser manipulados se parten, además se realizó mayor cantidad de producción. Mientras que algunas materias primas alternativas utilizadas para dar sabor, color se encuentran por encima o por debajo de lo planificado; esto se debe a la necesidad de utilizar como estrategia, el consumo de otros sabores y colores en reemplazo por las que no están producto a restricciones económicas imposibilitando el consumo de lo planificado.

 **Planta de queso**

En el proceso productivo de queso también intervienen varias materias primas fundamentales, las que se pueden observar en la **Tabla 3.3**. Se desglosan en la misma los datos acerca del consumo planificado y real de las materias primas, y en el **Anexo 44** se encuentran las materias primas alternativas de este proceso.

**Tabla 3.3:** Balance del consumo materias primas fundamentales en la planta de queso del año 2012. **Fuente:** Elaboración propia a partir de informe de producción.

Materia prima	Producción queso (t)	Consumo de materia prima (t) plan	Consumo de materia prima (t) real	Índice Consumo plan(t/t)	Índice Consumo real(t/t)
Leche fluida	1350,0	16356,84	15241,50	12,12	11,29
Sal		43,11	41,22	0,0319	0,0305
Cuajo		1,76	1,75	0,0013	0,0012
Cajas de cartón		110835 u	110999u	82,1 (u/t)	82,2 (u/t)

Con respecto a las materias primas fundamentales utilizadas en el proceso, se observa que el índice de consumo real se encuentra por debajo de lo planificado. En el caso de la leche fluida esta disminución es producto a que no se realizan la cantidad de quesos de leche que tenían planificado y en sustitución de este se hace el queso fundido que lleva menor cantidad de esta materia prima. Con lo referido a las cajas de cartón para envasar el producto terminado el índice de consumo real aumenta debido a que lo mismo sucede con la producción de producto y es necesario el empleo de más cajas para envase. Al analizar las materias primas alternativas empleadas se aprecia que ocurre la misma situación vista anteriormente en la planta de helado, mientras que lo que ocurre con otras es que no se había planificado y por eso solo tiene un índice de consumo real.

De manera general en las dos plantas analizadas, se evidencia que no existe problemas con la utilización de las materias primas ya que en ambas los índices de consumos reales se encuentran por debajo del planificado, por lo que se puede decir que se utilizó eficientemente la cantidad de materiales adecuada para la producción de helados y quesos; no constituyendo esto una dificultad para la empresa.

**Balance de agua**

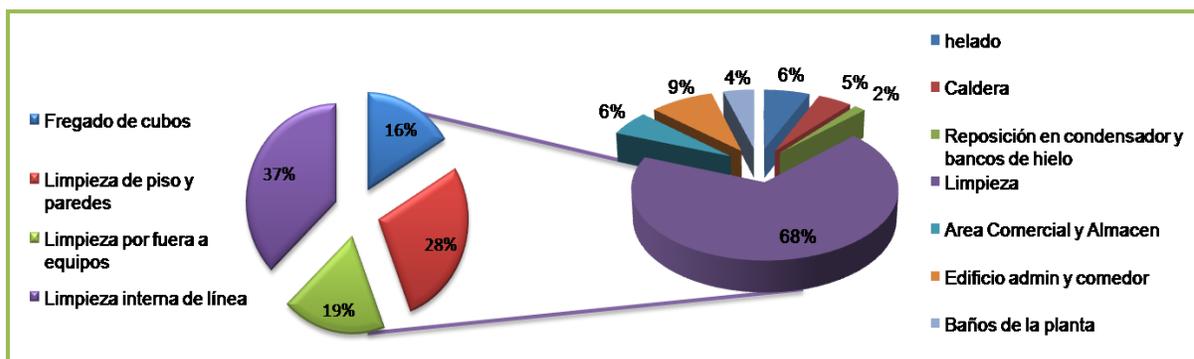
Según estudios realizados en la empresa donde tecnólogos y energéticos tienen un rol principal se realizan estimaciones sobre el consumo de agua donde, para determinar el consumo de agua anual estimado durante el 2012 se utilizan datos obtenidos en el reconocimiento de las plantas del consumo de este recurso por equipos y se tiene en cuenta el tiempo de trabajo por cada una de las operaciones que comprenden dichos procesos, los

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

cuales aparecen reflejados en los libros de reportes e incidencias de la planta. El desglose del consumo estimado de agua utilizada para el proceso en la planta de helado y queso en el año 2012 se muestra en el **Anexo 45**.

#### Plantas de helado y queso

El mapa de utilización de agua, dentro del proceso de helado se refleja en el **Gráfico 3.2**, donde se puede observar que la operación de limpieza representa el 68% del consumo total de agua en la planta e incluida en esta se encuentra la limpieza interna de la línea con la mayor cantidad de agua utilizada.



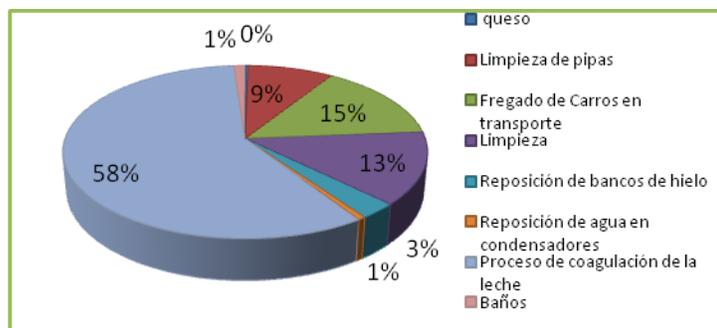
**Gráfico 3.2:** Mapa del consumo de agua en la planta de helado. **Fuente:** Elaboración propia a partir del cálculo estimado del consumo de agua.

En su mayoría, las operaciones de la planta fueron diseñadas para recuperar todos los residuales líquidos generados en la producción, por ejemplo, el agua que se utiliza para enfriar o calentar, en las distintas etapas del proceso que lo requiera, se recircula en su mayoría en la caja de agua o piscina del proceso por lo que no se genera un residual en este concepto; evidenciándose en el gráfico anterior que el agua utilizada para la limpieza constituye el mayor consumidor en la planta de helado.

Esto se debe a que la fabricación de las producciones que se llevan a cabo en la empresa requieren una absoluta limpieza, siendo esta actividad el centro un evento diario, donde deben mantenerse las condiciones higiénico-sanitarias tales que permitan mantener estériles todos los equipos, instrumentos y la planta en general.

El mapa de utilización de agua en la planta de queso, se refleja en el **Gráfico 3.3**, donde se puede observar que la operación de calentar la leche representa el 58% del consumo total de agua en la planta.

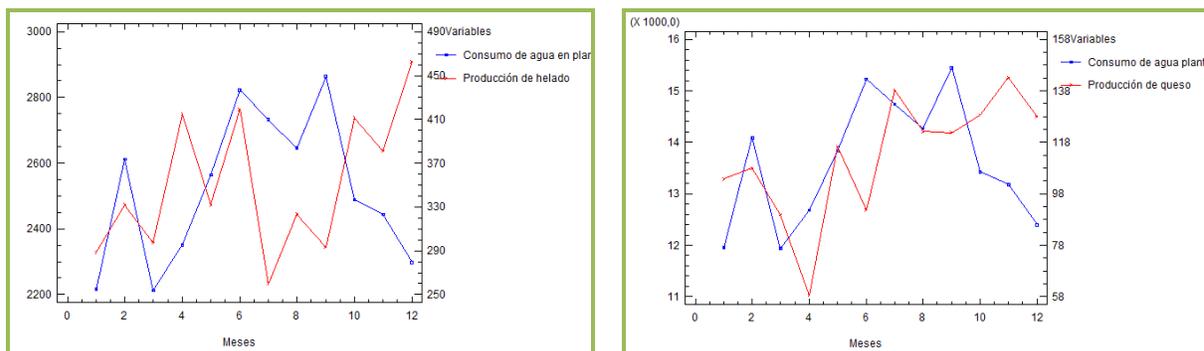
### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray



**Gráfico 3.3:** Mapa del consumo de agua en la planta de queso. **Fuente:** Elaboración propia a partir del cálculo estimado del consumo de agua.

En la planta de queso no sucede lo mismo que en helado ya que las operaciones de la esta no están diseñadas para recuperar todos los residuales líquidos generados en la producción. Esto se evidencia en el agua que se utiliza para calentar la leche (proceso de coagulación de la leche), no se recircula por lo que se genera un residual importante en este concepto.

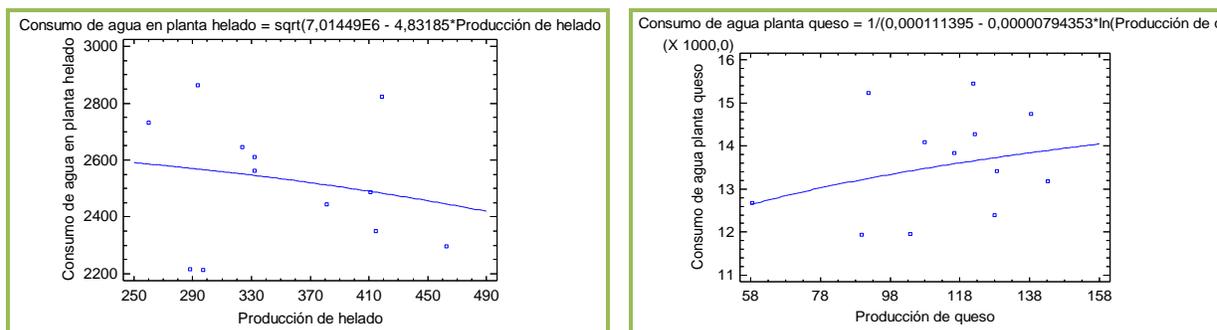
Una vez obtenidos estos datos estimados se realiza en el **Gráfico 3.4** el comportamiento del consumo de agua y la producción de las plantas, no mostrando una relación proporcional con respecto la producción para el año en estudio. A su vez, no se evidencia que exista una tendencia a la correlación lineal, por lo que se realiza un análisis de regresión para estas variables y ratificar este planteamiento. Al efectuar el análisis de regresión en todos los estudios de este tipo se prueban los supuestos que deben cumplir los residuos. Con el propósito de averiguar si algún modelo ajusta los datos analizados, en los **Anexo 46** y **47** se exponen los resultados a los que arroja luego de proyectar una comparación entre modelos alternos.



**Gráfico 3.4:** Comportamiento del consumo de agua ( $m^3$ ) Vs producción de helado (t) y comportamiento del consumo de agua ( $m^3$ ) Vs producción de queso (t) en las plantas de helado y queso respectivamente. **Fuente:** Elaboración propia.

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

Luego de realizado el análisis de regresión, se determina que no existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, con un nivel de confianza del 95% ya que el valor-P en la tabla ANOVA de todas las regresiones efectuadas es mayor o igual que 0,05 y ninguno de los tipos de regresión probadas describen la variabilidad del consumo de agua; siendo el modelo Cuadrado Doble (ver **Gráfico 3.5**) el que más se ajusta con un  $R^2$  igual a 3.93% para la producción de helado y el modelo Inversa-Y Log-X (ver **Gráfico 3.5**) con un  $R^2$  igual a 8.79% para la producción de queso. Esto se debe a los grandes consumos de este recurso, salideros y derroche en las distintas etapas de los procesos que se explican con más profundidad posteriormente.



**Gráfico 3.5:** Modelo ajustado para consumo agua ( $m^3$ ) Vs producción de helado (t) y agua ( $m^3$ ) Vs producción de queso (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Según lo planteado anteriormente se puede afirmar que estos modelos matemáticos no explican la variabilidad del consumo de agua con respecto a la producción de helado y queso, aunque brinda una idea de su comportamiento. Los resultados obtenidos de la cantidad de agua consumida en las plantas para la producción anual se resumen en la **Tabla 3.4**, siendo para el helado de 30 248.59  $m^3$  y para el queso 163 175.88  $m^3$ .

**Tabla 3.4:** Balance del consumo de agua para la producción en las plantas de helado y queso. **Fuente:** Elaboración propia a partir de factura de agua y estimaciones del desglose de consumo de agua.

	Producción	Consumo de agua plan ( $m^3$ )	Consumo de agua real( $m^3$ )	Índice consumo plan	Índice consumo real	Costo (CUP)
Helado	42,1550 Ct	35 465,73	30248,59	841,32( $m^3$ /Ct)	717,56( $m^3$ /Ct)	9075
Queso	1350 t	191 319,7	163175,88	141,72 ( $m^3$ /t)	120,87 ( $m^3$ /t)	48953

Al analizar el índice de consumo real y normado, se evidencia que no existe un sobre consumo de este recurso. El costo asociado se calcula según el precio promedio del agua que aparece en la ficha de costo del producto, siendo este de 0.30CUP/ $m^3$  para la consumida dentro del plan. En agua se gastó de forma general en la empresa 83 253CUP y

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

en la planta de helado el gasto fue de 9 075CUP, mientras que en la de queso fue de 48 952.76CUP; lo que equivale al 10.9% y 37.54% respectivamente del importe total.

Esto se debe a que de manera general en todas las plantas hay una panificación por encima de lo que verdaderamente necesita, aunque la empresa hace la planificación del consumo de agua basado en lo establecido por la Resolución No. 58/95 del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, se toma como referencia un día donde hace todos sus productos y los valores máximos de la norma de consumo del recurso.

#### Comparación de estos consumos con patrones internacionales

Según normas internacionales, del consumo de agua, como la referenciada en el Manual de P+L de la Industria Láctea de la Universidad Norte Nicaragua (2013) se debe consumir en este tipo de industrias  $0.7 \text{ m}^3$  de agua por tonelada de leche fluida procesada. Entonces la cantidad de este recurso que se debe consumir, teniendo en cuenta que para la producción de una tonelada de helado es preciso 1.066 t de leche fluida y para una tonelada de queso se necesita 11,29 t de leche fluida, es  $0.7462 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{helado}}$  y  $7.903 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{queso}}$ . Al ver el consumo real de ambas plantas ( $7.18 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{helado}}$  y  $120.87 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{queso}}$ ) y comparar el consumo normado de industrias lácteas modernas se tiene como resultado que el índice de consumo de las plantas está por encima de lo que debe ser en comparación con estándares internacionales.

donde:

Índice de consumo real de leche en polvo para una tonelada de helado =  $0,1036 \text{ t}_{\text{leche polvo}}/\text{t}_{\text{helado}} = 103.6 \text{ kg}_{\text{leche polvo}}/\text{t}_{\text{helado}}$

$1 \text{ kg}_{\text{leche polvo}} = 10 \text{ Lt}_{\text{leche fluida}}$

$103.6 \text{ kg}_{\text{leche polvo}}/\text{t}_{\text{helado}} \times 10 \text{ Lt}_{\text{leche fluida}} = 1 036 \text{ Lt}_{\text{leche fluida}}/\text{t}_{\text{helado}}$

$1 036 \text{ Lt}_{\text{leche fluida}}/\text{t}_{\text{helado}} \times 1.029 \text{ kg}/\text{Lt}_{\text{leche fluida}} = 1 066 \text{ kg}_{\text{leche fluida}}/\text{t}_{\text{helado}} = 1.066 \text{ t}_{\text{leche fluida}}/\text{t}_{\text{helado}}$

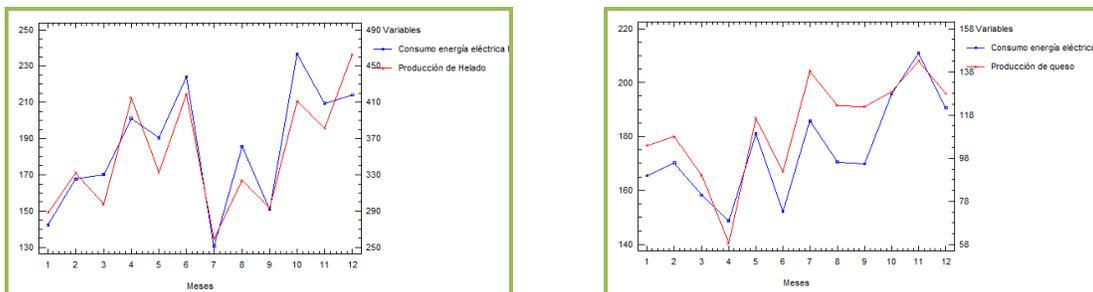
#### **Balance de Energía Eléctrica**

El consumo de la energía eléctrica en la empresa se tiene para cada una de las tres plantas de producción de manera independiente ya que existe un contador por cada una de estas.

##### **Plantas de helado y queso**

El comportamiento del consumo de energía eléctrica en ambas plantas se muestra proporcional con respecto a la producción de helado y queso a través de los meses. Se excluye del planteamiento anterior el mes de marzo en la planta de helado, donde la producción disminuye con respecto al mes anterior y el consumo de energía eléctrica aumenta. En el **Gráfico 3.6** se puede ver el análisis antes descrito.

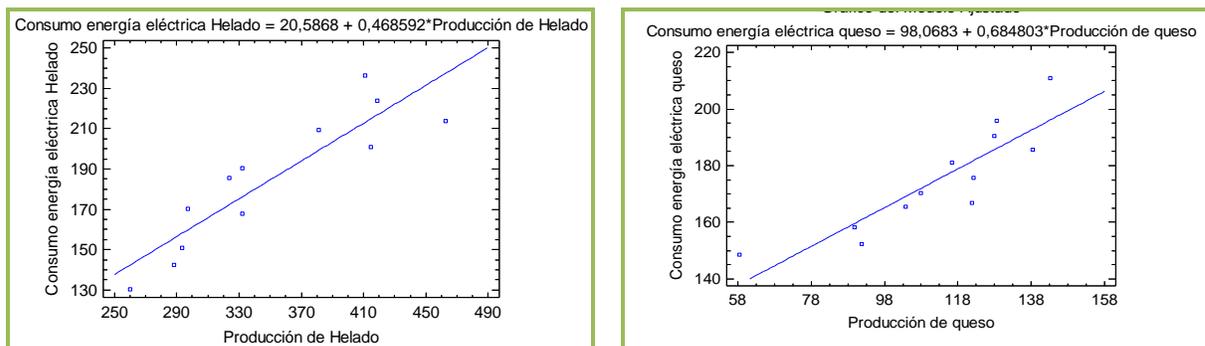
### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray



**Gráfico 3.6:** Comportamiento del consumo de energía eléctrica (MWh) Vs producción de helado (t) y consumo de energía eléctrica (MWh) Vs producción de queso (t) en las plantas de helado y queso respectivamente. **Fuente:** Elaboración propia.

Al examinar el comportamiento que muestra, se puede asociar una tendencia a la correlación lineal, por lo que es necesario realizar un análisis de regresión entre el consumo de electricidad (MWh) y la producción de helado y queso (t), para confirmar este planteamiento, el que se presenta en el **Anexo 48** y **49**.

A partir del análisis realizado en los anexos citados se comprueba con un nivel de confianza del 95% o mayor, que existe una relación estadísticamente significativa entre consumo de energía eléctrica Vs producción de queso y consumo de energía eléctrica Vs producción de helado; esto se debe a que el valor-P en la tabla ANOVA de todas las regresiones efectuadas es menor o igual que 0,05. El modelo apropiado para el ajuste de estas, en los dos casos, es el lineal. Por tal motivo, en el **Gráfico 3.7** se presenta el modelo lineal ajustado, explicando así ajustado el 80.87% y 80.12% de la variabilidad en el consumo de energía eléctrica para las plantas de helado y queso respectivamente.



**Gráficos 3.7:** Modelo ajustado para consumo de energía eléctrica (MWh) Vs producción de helado (t) y energía eléctrica (MWh) Vs producción de queso (t). **Fuente:** Elaboración propia.

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

Al apreciar los gráficos y mediante los resultados obtenidos, se puede establecer una relación lineal entre las variables en estudio, utilizando el índice de consumo expresado en MWh/t de producto final como un indicador de eficiencia energética en la empresa, para el uso de la electricidad.

En la **Tabla 3.5** se muestra el consumo anual de energía eléctrica de las plantas de helado y queso, asimismo el costo asociado se calcula según el precio promedio de la energía eléctrica que es de 250CUP/MWh.

**Tabla 3.5:** Balance del consumo de energía eléctrica para la producción en las plantas de helado y queso. **Fuente:** Elaboración Propia a partir de facturas de la planta.

	Producción	Consumo anual plan (MWh)	Consumo anual real (MWh)	Índice Consumo Plan	Índice Consumo Real	Costo (CUP)
Helado	42,1550 Ct	2427,78	2194,15	57,598MWh/Ct	52,06MWh/Ct	548537,5
Queso	1350 t	2344,32	2101,30	1,74 MWh/t	1,56MWh/t	525325

El consumo de energía eléctrica en el proceso de helado durante el año 2012 representa el 43.14% y el del proceso de queso representa el 41.31% del consumo total de la empresa.

De manera general en las dos plantas analizadas, se evidencia que el consumo de energía eléctrica cumple con lo planificado ya que en ambas los índices de consumos reales se encuentran por debajo del proyectado; la utilización de este índice de consumo expresado en MWh/t de producto final es un indicador de eficiencia energética en la empresa, para el uso de la electricidad.

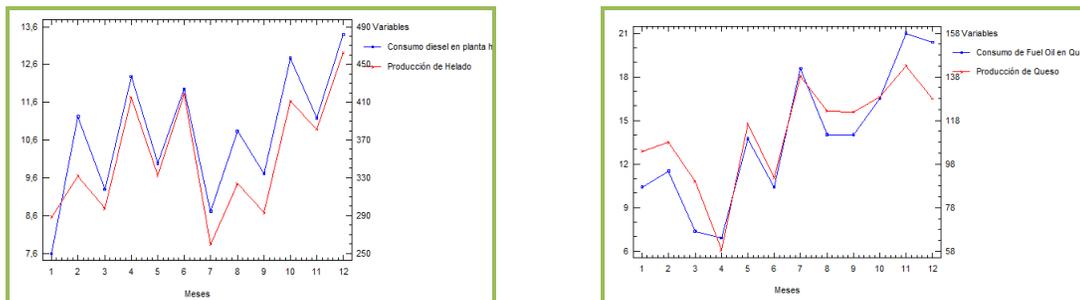
#### **Balance de Diesel y Fuel Oil en el proceso de helado y queso respectivamente.**

El diesel y fuel oil se utilizan para la generación del vapor consumido en el proceso, los datos de consumo del mismo se encuentra registrado en las facturas, se lleva también el control por el estado de cuentas de la empresa y en el caso del fuel oil su consumo se registra además por las mediciones efectuadas en los tanques de combustibles de alimentar a las calderas. El costo asociado se calcula según el precio promedio que aparece en la ficha de costo del producto, siendo este de 820CUP/m<sup>3</sup><sub>diesel</sub> y 710CUP/m<sup>3</sup><sub>fuel oil</sub> para la consumida dentro del plan.

Se puede apreciar en el **Gráfico 3.8** que el comportamiento del consumo de diesel y fuel oil en la empresa se muestra de forma proporcional con respecto a las toneladas de helado y queso producidas. Este comportamiento se puede asociar una tendencia a la correlación lineal entre las variables, pero es necesario hacer un análisis de regresión para ratificar este

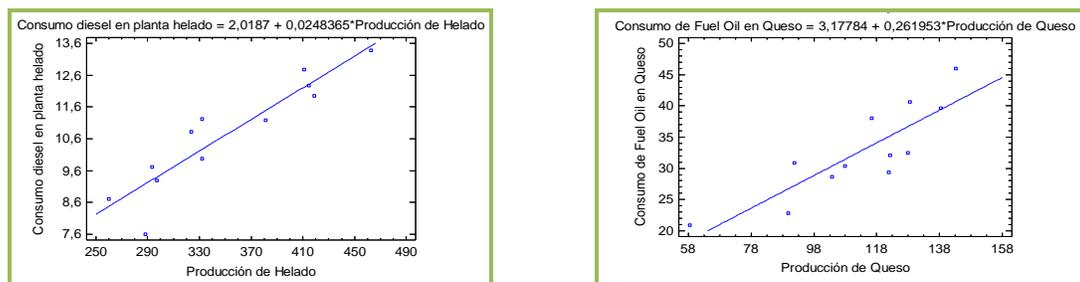
### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

planteamiento. Los resultados de comprobar este planteamiento luego de hacer el análisis de regresión entre estas variables se muestran en el **Anexo 50 y 51**.



**Gráfico 3.8:** Comportamiento del consumo de diesel ( $m^3$ ) Vs producción de helado (t) y comportamiento del consumo de fuel oil ( $m^3$ ) Vs producción de queso (t) respectivamente. **Fuente:** Elaboración propia.

Al realizar el análisis de regresión entre las variables en cuestión se tiene como resultado que existe una relación estadísticamente significativa entre consumo de diesel y la producción de helado y entre el consumo de fuel oil y la producción de queso, con un nivel de confianza del 95% y el modelo apropiado (para ambos análisis) para el ajuste de estas es el lineal. Por lo tal razón se muestra en el **Gráfico 3.9** los modelos lineal ajustado, explicando así el 84.96% de la variabilidad en el consumo de diesel y el 75.77% de la variabilidad en el consumo de fuel oil respectivamente.



**Gráfico 3.9:** Modelo ajustado para consumo de diesel ( $m^3$ ) Vs producción de helado (t) y consumo de fuel oil ( $m^3$ ) Vs producción de queso (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Mediante los resultados obtenidos, se puede establecer una relación lineal entre el consumo de diesel - producción de helado y fuel oil - producción de queso, utilizando el índice de consumo de combustible expresado en  $m^3$  por t de helados o quesos producidas, como un indicador de eficiencia energética en la empresa para el uso del diesel y fuel oil.

Estos modelos así ajustado resultan útiles a la empresa para planificar el consumo de energía eléctrica, diesel y fuel oil en la misma. Se muestra el comportamiento del consumo

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

de estos portadores energéticos en la **Tabla 3.6**, donde se puede observar que el consumo se mantuvo dentro de los planes.

**Tabla 3.6:** Balance del consumo de diesel y fuel oil para la producción en la planta de helado y queso respectivamente. **Fuente:** Elaboración propia a partir de facturas y balance energético de la empresa.

	Producción	Consumo anual plan (m3)	Consumo anual real (m <sup>3</sup> )	Índice Consumo Plan	Índice Consumo Real	Costo (CUP)
Helado	42.1550 Ct	133.12	128.91	3.16m <sup>3</sup> /Ct	3.06m <sup>3</sup> /Ct	105 706.2
Queso	1350 t	416.20	391.77	0.0987m <sup>3</sup> /t	0.0929m <sup>3</sup> /t	278 156.7

Se puede apreciar que el índice de consumo real de ambos, verdaderamente se encuentra por debajo del planificado. El consumo de diesel de la planta de helado es de 128.91m<sup>3</sup> siendo este el total consumido en la empresa ya que esta es la única planta que utiliza este portador. Mientras que el consumo de fuel oil de la planta de queso es de 391.77 m<sup>3</sup> lo que representa el 45.30% del consumo total de la empresa.

#### Balance de masa de los subproductos

En el proceso de producción de helado y queso, como subproductos se obtienen helados mezclado y cuajada de quesos respectivamente. La obtención, características, precio de cada uno de estos se exponen en el **Anexo 52**.

El balance de los subproductos se tiene según muestra en la **Tabla 3.7**, donde la cantidad aprovechada de estos con respecto al total generada es igual en ambos casos.

**Tabla 3.7:** Obtención de subproductos de las plantas de helado y queso. **Fuente:** Informe de producción, Balance 2012.

Subproducto	U/M	Generado	Aprovechado	Importe (CUP)
Helados Mezclado	t	58.41	58.41	119580
Cuajada de Quesos	t	179.4	179.4	5134700

#### Balance del Producto Final

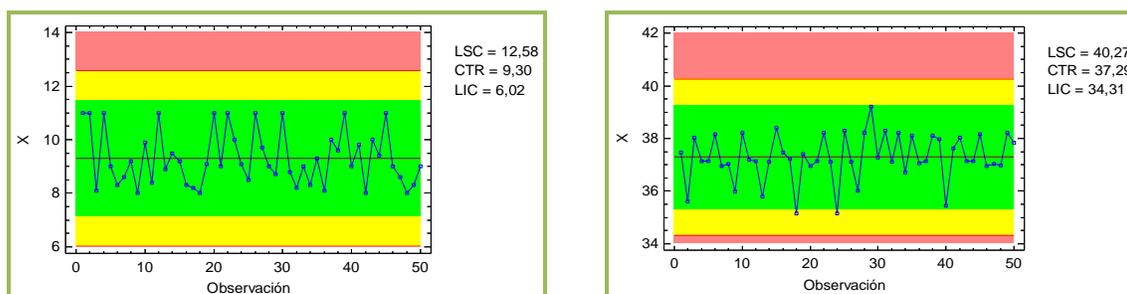
El Helado Crema y los Quesos Azul de Cuba, Fundido, Atlántico, Salame, Alborada, Amaya, Cumanayagua y Monte Verde constituyen la salida fundamental de los procesos de helado y queso respectivamente. El producto final debe cumplir las especificaciones de calidad resumidas en el **Anexo 53** según las NC 47: 2009 y NEIAL 1601.122: 2010 respectivamente y para verificar el cumplimiento de algunas de estas características de calidad, se toman 50 registros aleatoriamente de valores de cada uno de estos requisitos, medidos por los

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

técnicos del laboratorio ambas plantas en los distintos meses del año 2012. Para estos análisis se utiliza el *software* de análisis estadístico *Statgraphics Centurion XV.II*.

#### Planta de helado

Para realizar el analizar según los expertos como características físico-químicas más relevantes del helado crema se consulta la norma donde los requisitos físico-químicos de los helados crema más importantes según composición e ingredientes esenciales son por ciento de grasa y de sólidos totales, cuyas especificaciones son como mínimo de 8 para lo referido a la grasa y 30 para esta última. Con los datos tomados (ver **Anexo 54**) se realiza una carta de control de individuos que se presenta en el **Gráfico 3.10** para determinar el comportamiento del por ciento de grasa y sólidos totales en el período analizado respectivamente.



**Gráficos 3.10:** Diagramas de control del porcentaje de grasa y porcentaje sólidos totales en helado. **Fuente:** Elaboración propia.

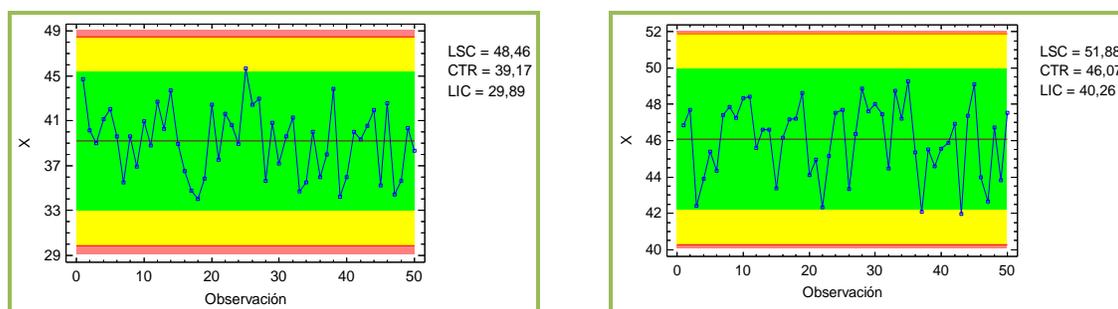
Según muestran los gráficos de control para los valores de grasa y sólidos totales en helado, no se ha detectado ninguna señal de que ha habido un cambio especial en el proceso ya que ninguna de las mediciones se encuentran fuera de los límites de control; tampoco siguen un patrón de comportamiento inusual, por lo que, suponiendo que los datos siguen una distribución normal (ver **Anexo 55**), se puede afirmar que el proceso es estable o lo que es lo mismo el está bajo control estadístico con un nivel de confianza del 95%.

Debido a que se cumplen los supuestos de que los datos de las características de calidad del helado se distribuyen normalmente, el proceso es estable y se conoce la desviación, se realiza el análisis de capacidad del mismo, siendo el índice de capacidad real del proceso de 1.38278 para el porcentaje de grasa por lo se considera capaz de cumplir la especificación de como mínimo 8 (LIE = 8) y de 2.44695 para el porcentaje de sólidos totales por lo se considera capaz de cumplir la especificación de de como mínimo 30 (LIE = 30). Los análisis anteriormente realizados se encuentran en los **Anexos 56 y 57**.

### 🌱 Planta de queso

Para conocer el comportamiento de indicadores de calidad que debe cumplir el producto final se selecciona para analizar el Queso Cumanayagua debido a los mismos motivos mencionados con anterioridad.

Para el queso Cumanayagua según el criterio de los expertos como características físico-químicas más relevantes se tiene según la norma el porcentaje de Humedad y Grasa extracto seco, cuyas especificaciones son a los sumos de 50 para lo referido a la Humedad y como mínimo 40 para esta última. Con los datos tomados (ver **Anexo 58**) se realiza una carta de control de individuos que se presenta en el **Gráfico 3.11** para determinar el comportamiento porcentaje de humedad y grasa extracto seco respectivamente en el período analizado.



**Gráfico 3.11:** Diagramas de control del porcentaje de humedad y porcentaje grasa extracto seco en queso Cumanayagua respectivamente. **Fuente:** Elaboración propia.

Al observar el gráfico no se ha detectado ninguna señal de que ha habido un cambio especial en el proceso de queso Cumanayagua ya que ningún valor del porcentaje de humedad y grasa extracto seco se encuentran fuera de los límites de control y tampoco siguen un patrón de comportamiento inusual, por lo que, suponiendo que los datos siguen una distribución normal (ver **Anexo 59**), se puede emitir que el proceso es estable o lo que es lo mismo el está bajo control estadístico con un nivel de confianza del 95%.

Puesto que se cumplen los supuestos de que los datos de las características de calidad del queso se distribuyen normalmente, el proceso es estable y se conoce la desviación, se realiza el análisis de capacidad del mismo. El índice de capacidad real del proceso es de 1,35744 para el porcentaje de humedad por lo que se considera capaz de cumplir la especificación de de como máximo 50 (LSE = 50) y de 1,0454 para porcentaje grasa extracto seco por lo se considera una capacidad parcialmente adecuada de cumplir la especificación de como mínimo 40 (LIE = 40). Esto se debe a que la máquina descremadora no se encuentra funcionando siendo la encargada de regular a la leche la cantidad de grasa

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

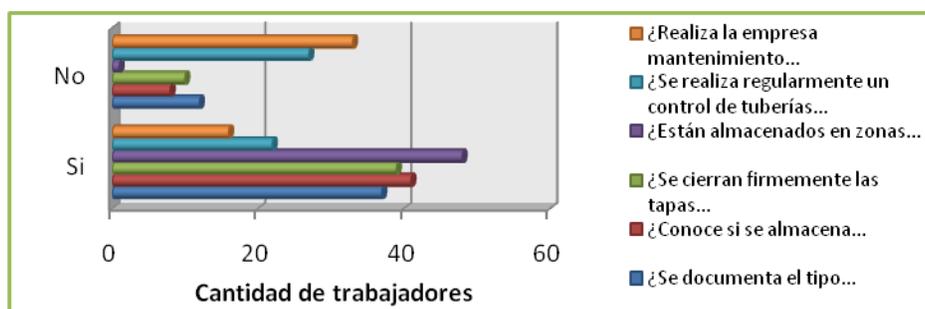
necesaria por lo que requiere de un control estricto. Los análisis anteriormente realizados se encuentran en los **Anexos 60** y **61**. Se resumen para el helado y quesos totales en la **Tabla 3.8** los indicadores productivos, donde se demuestra que la producción real en el año 2012 sobre cumple el plan en un 0.1 y 0.4% para helado y queso respectivamente.

**Tabla 3.8:** Producción planificada y real de helado y quesos totales en el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia a partir de informes de producción.

Planta	Producto	Plan (t)	Real (t)	%
Helado	Helado total	4211.29	4215.50	100.1
Queso	Queso total	1344.4	1350.0	100.4

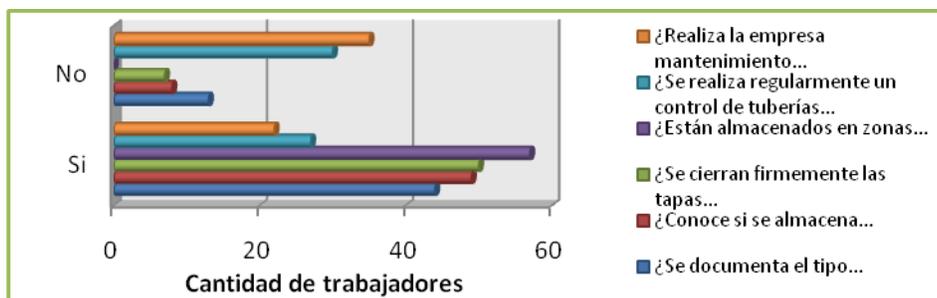
Como resultado de la realización del balance se tiene identificado y cuantificado las materias primas, agua, portadores y salidas, evidenciando que las mayores problemáticas se encuentran en el consumo de agua, existiendo potencialidades de ahorro para estos recursos. Es necesario conocer el manejo que se le da a los mismos, para ello se aplica la lista de chequeo 1 del **Anexo 14**, pero es preciso para realizar esta acción calcular antes el tamaño óptimo de la muestra. En el **Anexo 62** aparece la expresión matemática que se utiliza y el proceso de cálculo y estratificación del número de encuestas a realizar.

Se determina que el tamaño de muestra requerida teniendo en cuenta que la varianza de la población es desconocida y el tamaño poblacional finito, es de 106 trabajadores y resulta de la estratificación que para la planta de helado se le aplica a 49 trabajadores, mientras que en la de queso es a 57. Luego de aplicar y procesar la encuesta a través el programa IBM SPSS *Statistics* 19, usado para todos los análisis similares, se obtienen los resultados que se muestran en el **Anexo 63**, a partir del cual se obtienen los **Gráficos 3.12** y **3.13** mostrados a continuación.



**Gráfico 3.12:** Resultado del procesamiento de la lista de chequeo para conocer el manejo de los materiales en la planta de helado. **Fuente:** Elaboración propia.

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray



**Gráfico 3.13:** Resultado del procesamiento de la lista de chequeo para conocer el manejo de los materiales en la planta de queso. **Fuente:** Elaboración propia.

Se deduce que en la empresa no se realizan mantenimientos preventivos ya que los que se ejecutan son los de tipo correctivo y, lo referido al control óptico de las tuberías, canales y equipos para detectar pérdidas no se hace con la puntualidad necesaria. De forma general en ninguna de las plantas existen grandes problemas con lo referido al manejo y utilización eficiente de los materiales.

#### Paso 7: Aplicación de indicadores de Desarrollo Sostenible

Como indicadores de desarrollo sostenible del proceso se calculan la Huella Ecológica Corporativa ( $ha/t_{\text{producto}}$ ) y Huella Hídrica ( $m^3/\text{unidad de producto}$ ). El alcance del estudio, los límites geográficos y temporales, así como las entradas y salidas que se analizaron serán las bases para dichos cálculos correspondientes a los procesos en cuestión.

#### Cálculo de la Huella Ecológica Corporativa del proceso de helado y queso

El cálculo de la Huella Ecológica resulta indispensable y concluyente, ya que la misma es un indicador de sostenibilidad del proceso. Se efectúa a partir de la suma de las sub-huellas valoradas en el proceso de helado y queso. Estas necesidades para el cálculo de la Huella Ecológica Corporativa en el caso de los procesos objeto de estudio se pueden dividir en energía, insumos, tierras, gastos indirectos, superficie construida (ver **Tabla 3.9**).

**Tabla 3.9:** Huella Ecológica Corporativa total de helado y queso.

Sub-huellas	Huella Ecológica ( $ha/t_{\text{producto}}$ )		% que representa de la HE	
	Helado	Queso	Helado	Queso
Sub-huella de Energía	0.0933705	0.354938	2.09456	0.103406
Sub-huella de Insumos	3.96256	83.7162	88.8914	90.5447
Sub-huella de Gastos Indirectos	0.396762	8.37148	8.90049	9.05432
Sub-huella de Superficie Construida	0.00506227	0.0158074	0.113561	0.0170968
<b>Huella Ecológica Total</b>	<b>4.45775</b>	<b>92.4584</b>	-	-

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

Para este cálculo se utilizó la ayuda del *Software* para el Cálculo de la Huella Ecológica desarrollado por López Yanes (2012), el cual trabaja sobre los fundamentos planteados por Doménech Quesada (2006). Al determinarse el desglose del consumo de diferentes renglones durante los procesos productivos, se llevan a toneladas equivalentes a fin de unificar la unidad de energía y se determina la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido. La huella ecológica total representativa de una t de helado o queso responde a la sumatoria de cada una de las sub-huellas bases. En el **Anexo 64** se presenta el cálculo de todas las sub-huellas que son necesarias calcular para obtener finalmente la Huella Ecológica Corporativa; resultando que área de territorio ecológicamente productivo necesaria para generar los recursos utilizados y asimilar los residuos producidos es de 4.46 ha/t<sub>helado</sub> y 92.46 ha/t<sub>queso</sub>. De este análisis se puede sintetizar que, la sub-huella insumos y de manera estratificada el uso de lácteos (leche) es el de mayor impacto sobre la huella total (88.89) y (90.54%) para helado y queso respectivamente.

#### Cálculo de la Huella Hídrica

La huella hídrica o ciclo virtual del agua en los procesos de helado y queso de la Empresa de Productos Lácteos Escambray solamente comprende las extracciones de aguas industriales y domésticas las cuales únicamente contribuyen a las aguas grises (residuales) y las azules aquellas que son de uso industrial que no se contaminan pero no regresan a las capacidades hídricas. El cálculo se muestra en el **Anexo 65**, y en la **Tabla 3.10** se presenta el resumen del mismo para lo cual se utiliza el “Manual de Evaluación de la Huella Hídrica”, desarrollado por Hoekstra, Chapagain, Aldaya, y Mekonnen (2010).

**Tabla 3.10:** Huella Hídrica de helado y queso. **Fuente:** Elaboración propia.

	Helado(m <sup>3</sup> /t <sub>helado</sub> )	Queso (m <sup>3</sup> /t <sub>queso</sub> )
Aguas verdes	-	-
Aguas azules	7.18	120.87
Aguas grises	75.86	375.9
<b>Huella Hídrica</b>	<b>83.04</b>	<b>496.77</b>

Se tiene que el volumen de agua dulce utilizado para producir una tonelada de helado es 83.04 m<sup>3</sup>, mientras que para producir una tonelada de queso el volumen de agua dulce utilizado es 496.77 m<sup>3</sup> medida a lo largo de toda la cadena de abastecimiento.

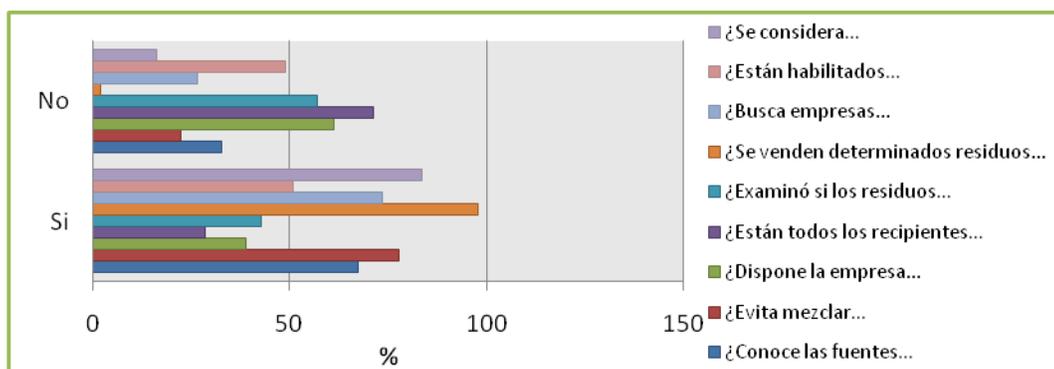
#### **Paso 8:** Diagnóstico de los residuos

Luego de realizar el estudio de los procesos de helado y queso, se identifican fundamentalmente mediante el recorrido por las plantas, los residuos que se generan a partir

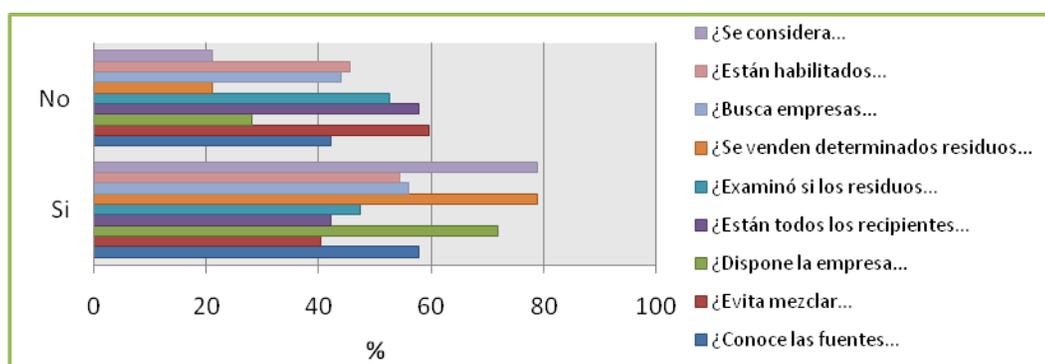
### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

de cada uno de ellos. Se aplica un formulario con el objetivo de caracterizarlos y recoger de una forma organizada la información en cuanto a propiedades particulares que presentan, tratamiento actual, puntos en que se generan, entre otros aspectos de interés. También se aplica una lista de chequeo, teniendo igualmente con este instrumento el propósito de ver finalmente el manejo que tienen los residuos concebidos en dichos procesos, siendo esto necesario para evaluar las opciones disponibles en cuanto a su gestión.

Estos resultados se muestran en los **Anexos 66 y 67** donde se expone los formularios y lista de chequeo respectivamente, a partir del cual se obtienen los **Gráficos 3.14 y 3.15** mostrados a continuación. Se percibe que los principales residuos líquidos, sólidos y emisiones atmosféricas recogidas mediante las herramientas aplicadas son: agua de enjuague de las líneas, suero, agua hiladura, sacos, plástico, cubos de grasa, amoniaco.



**Gráfico 3.14:** Resultado del procesamiento de la lista de chequeo para conocer el manejo integral de residuos en la planta de helado. **Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 3.15:** Resultado del procesamiento de la lista de chequeo para conocer el manejo integral de residuos en la planta de queso. **Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede comprobar las preguntas que son respondidas negativamente en ambas plantas son con lo referido a la señalización de los recipientes para residuos, no examinan si

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

estos pueden ser reutilizados. En la planta de helado según los resultados no se disponen de recipientes para almacenar los residuos y en la planta de queso no se evita mezclar los diferentes residuos. Todas las demás interrogantes fueron respondidas positivamente. Los formularios aplicados anteriormente requieren cuantificar la cantidad aproximada de estos residuos provenientes de los procesos productivos de queso y helado, se realiza en consecuencia un balance de los mismos de acuerdo a la clasificación dada anteriormente (sólidos, líquidos y emisiones atmosféricas), obteniendo así dicha cuantía.

#### Balance de los residuales líquidos generados

Como es comprobado precedentemente la empresa no cumple con la norma de consumo de agua según estándares internacionales, lo que indica que se pierde innecesariamente este recurso, detectándose incongruencias durante el reconocimiento de las plantas con respecto a la utilización que tiene este recurso, provocando que grandes cantidades de residuales líquido sea generado y dispuesto al medio.

#### Planta de helado

Las deficiencias encontradas (como consecuencia del uso desmedido del agua) provocan la generación y vertimiento de grandes volúmenes con cargas contaminantes de residuales líquidos, fundamentalmente dadas por la operación de limpieza y el atraso de la tecnología disponible (ver **Anexo 68**).

Para realizar la cuantificación estimada de los residuos líquidos (ver **Anexo 69**) generados en las diferentes etapas del proceso de la planta de helado, mostrada en forma de síntesis en la **Tabla 3.11**, se toma en cuenta el tiempo de operación de las unidades de proceso donde se generan los residuos mostrados en los libros de incidencia de la planta.

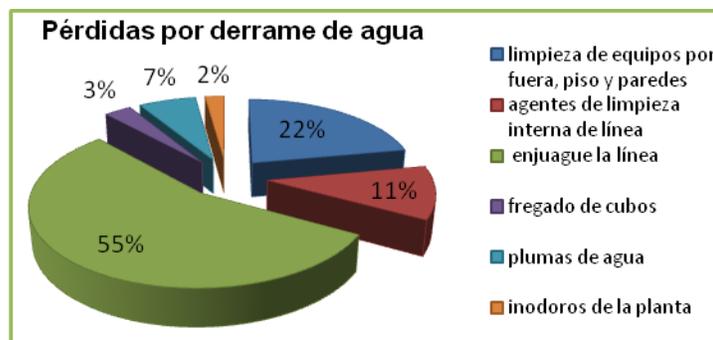
**Tabla 3.11:** Pérdidas de agua en la planta de helado en el año 2012 por derrame innecesario. **Fuente:** Elaboración Propia.

Causas que generan la pérdida por derrame innecesario	Cantidad generada (m <sup>3</sup> /año)	Pérdidas (CUP)	Índice por tonelada de helado(m <sup>3</sup> /t)
Mala manipulación de las mangueras en la limpieza de equipos por fuera, piso y paredes	2 564,352	769,31	0,608
No recuperación de los agentes de limpieza interna de línea	1 267,2	380,16	0,300
No recuperación del agua con restos de mezcla en enjuague de la línea	6 414,98	1 924,494	1,522
Mala manipulación de las mangueras en el fregado de cubos	362,88	108,864	0,086
Desperfectos en plumas de agua Área Comercial y Almacén	292	87,6	0,069

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

Desperfectos en plumas de agua Edificio admón. y comedor	474,5	142,35	0,113
Mala calidad de los herrajes de inodoros de la planta	254,04	76,212	0,060
<b>TOTAL</b>	<b>11 629,95</b>	<b>3 488,99</b>	<b>2,759</b>

Las pérdidas producto a la cantidad de residual líquido (m<sup>3</sup>) generado se distribuyen según se muestra en el **Gráfico 3.16**, donde es indudable que el mayor importe se presenta en el agua usada para enjuagar la línea por dentro de todos los restos de mezcla o materias primas que pudieron quedar en las paredes de equipos luego de terminado el proceso.



**Gráfico 3.16:** Distribución de las pérdidas de residuos líquidos en la planta de helado.

**Fuente:** Elaboración propia a partir del cálculo estimado de pérdidas de agua.

Luego del análisis realizado se detecta que constituyen las pérdidas por residual líquido el 38.45% de agua consumida en la planta y el agua de enjuague interna de la línea es una situación alarmante ya que de este porcentaje total de pérdidas, esta representa en las condiciones actuales el 21.2% (agua que entra). Esto es producto al derroche y malas prácticas durante operaciones de limpieza por dentro y por fuera de los equipos, piso y paredes, evidenciadas como principales fuentes durante la exploración en planta.

#### **Planta de queso**

Existen deficiencias que, producto a ellas se generan grandes volúmenes con cargas contaminantes de residuales líquidos, igualmente dadas por las operación de limpieza y atraso de la tecnología disponible, la cuantificación estimada de los residuos líquidos se realizan de manera similar al de la planta de helado y se muestra en el **Anexo 69**, expuesta en forma de síntesis en la **Tabla 3.12**.

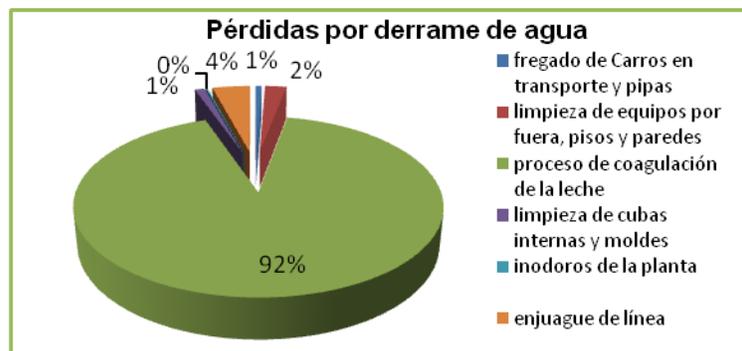
Se distribuyen las pérdidas debido a la cantidad de residual líquido (m<sup>3</sup>) generado (ver **Gráfico 3.17**), donde se evidencia que el mayor importe se presenta en el agua usada para calentar la leche, identificando así que es oportuna la utilización de este recurso vertido en esta etapa del proceso de queso.

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

**Tabla 3.12:** Pérdidas de agua en la planta de queso en el año 2012 por derrame innecesario.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Causas que generan la pérdida por derrame innecesario	Cantidad generada (m <sup>3</sup> /año)	Pérdidas (CUP)	Índice por tonelada de helado (m <sup>3</sup> /t)
Mala manipulación de las mangueras en la limpieza de equipos por fuera, piso y paredes	2 419,2	725,76	1,792
No se recupera el agua que se pierde al calentar la leche (proceso de coagulación de la leche)	94 747,29	28424,19	70,18
Mal ajuste de válvulas y accesorios en la limpieza de cubas internas y moldes	1 095	328,5	0,81
No recuperación del agua con restos de materias primas en enjuague de la línea	4258,95	1277,69	3,155
Mala manipulación de las mangueras en el fregado de carros en transporte	362,88	108,86	0,27
Mala manipulación de las mangueras en limpieza de pipas	302,4	90,72	0,22
Mala calidad de los herrajes de inodoros de la planta	182,5	54,75	0,14
<b>TOTAL</b>	<b>103 368,22</b>	<b>31010,47</b>	<b>76,567</b>



**Gráfico 3.17:** Distribución de las pérdidas de residuos líquidos en la planta de queso.

**Fuente:** Elaboración propia a partir del cálculo estimado de pérdidas de agua.

Luego del análisis realizado se detecta que constituye el agua de calentar la leche (proceso de coagulación de la leche) una situación alarmante ya que representa en las condiciones actuales el 58.06% del agua que entra. De modo general se puede señalar, que en el año 2012 se generaron aproximadamente 114 998.17 m<sup>3</sup> de residuos líquidos por derrame innecesario, correspondientes a las plantas de helado y queso, lo que representa el 41.44% del consumo de agua total de la empresa, teniendo pérdidas totales de aproximadamente 34499.45CUP. Por esta situación se denota que existe una conducta de derroche en la empresa, lo que sumado a las deficiencias de la tecnología produce que se consuman y desperdicien grandes volúmenes de agua.

Otros residuales líquidos en esta planta lo constituye el Suero de la Leche y el Agua Hiladura (ver argumentación en **Anexo 70**). En el 2012 la cantidad que se genera de esta última es

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

210 300 Lt la cual se vende 189 270 Lt teniendo un importe de 18 927CUP. En suero fueron 6 918 038 Lt generados y de estos se venden 6 543 938 Lt con importe de 365 000CUP, dejándose de aprovechar el resto; incurriendo en una pérdida de 37 410CUP.

#### Cálculo de la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) para el vertimiento de residuales líquidos

Con el objetivo de prevenir la contaminación para proteger la zona costera y los cuerpos receptores marinos es medido este parámetro (DBO<sub>5</sub>), establecido en las normas que regulan el vertimiento de todas las aguas residuales generadas por las actividades socio económicas a la zona costera y a las aguas marinas.

Este parámetro expresa en la materia orgánica que tiene la carga y se hace con el fin de efectuar una evaluación aproximada de la misma. El cálculo se confecciona sobre la base de la Metodología para la Evaluación Aproximada de la Carga Contaminante utilizado por la Unidad de Gestión del CITMA y se encuentra en el **Anexo 71**. Se le realiza al suero de leche, agua hiladura y agua de enjuague de las líneas de helado y queso, encontrándose en **Tabla 3.13** de manera resumida los resultados.

**Tabla 3.13:** DBO<sub>5</sub> de los residuales líquidos. **Fuente:** Elaboración propia basado en la Metodología para la Evaluación Aproximada de la Carga Contaminante.

Residual	DBO <sub>5</sub> generada(kg DBO <sub>5</sub> /h)	Índice de generación (kg DBO <sub>5</sub> /kg producto)
Suero de leche	21,7	0,007
Agua hiladura	8,3	0,083
Agua de enjuague de la línea de helado	6,12	0,0022
Agua de enjuague de la línea de queso	2,2	0,0011

De forma general en la Empresa de productos Lácteos Escambray, se genera producto a los residuos líquidos de suero, agua hiladura y agua de enjuague de las líneas de helado y queso una carga de 38.32 kg/h, y los kg de DBO<sub>5</sub> por kg de producto es como se muestra en la tabla anterior.

#### Balance de los Residuos sólidos y semisólidos generados

Los residuos sólidos más significativos que se generan durante el proceso de helado y al finalizar una producción se muestran en la **Tabla 3.14**, así como la cantidad que es aprovechada en producción o materias primas. Con el fin de minimizar los impactos ambientales que provocan estos desechos, son reutilizados en otras UEB, además en la empresa existen convenios con la empresa de recuperación de materias primas y los sólidos que no se reutilizan son dados a esta entidad.

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

**Tabla 3.14:** Balance de los residuos sólidos y semisólidos generados en la planta de helado en el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia.

Residuo	U/M	Cantidad generada	Aprovechado producción	Aprovechado reciclaje
Grasa	kg/año	76	-	-
Cartón	kg/año	1068	712	356
Plásticos	kg/año	1485	-	1485
Sacos de Nylon	u	13788	2385	11403
Cubos de grasa	u	14653	10014	4639
Sacos de Azúcar	u	9223	3945	5728
Sacos Multicapas	u	13788	2385	11403

Se aprecia en la tabla anterior que los residuos provenientes del proceso de helado son utilizados en el mismo proceso, aunque en el caso de los sacos y cartón que no están en buenas condiciones, son enviados a la empresa encargada para reciclaje. La grasa es un residuo semisólido que puede aportar entradas a la empresa pero no es utilizada en alguna de sus aplicaciones, además esta provoca un significativo impacto ambiental ya que cada vez que son limpiadas las trampas de grasas son enterradas en el perímetro de la empresa.

La cantidad de residuos sólidos generados en el proceso de queso se muestra en la **Tabla 3.15**, destacando que la grasa tiene la misma situación que la proveniente de la planta de helado y los recortes de papel aluminio y nylon, representando esta una oportunidad para que la empresa aumente sus utilidades y sea más amigable con el medio ambiente.

**Tabla 3.15:** Balance de los residuos sólidos y semisólidos generados en la planta de queso en el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia.

Residuo	U/M	Cantidad generada	Aprovechado producción	Aprovechado reciclaje
Grasa	kg/año	190	-	-
Cartón	kg/año	453	236	217
Sacos de sal	u	931	209	722
Recortes de papel aluminio	kg/año	94	-	-
Recortes de nylon	kg/año	252	-	-

#### **Balance de las emisiones atmosféricas generadas**

Una de las sustancias más utilizadas producto a las características del centro es el amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) y aunque se puede clasificar como un gas noble a la vez sus propiedades lo convierten en peligroso para el medioambiente y los humanos, por lo requiere de medidas especiales para su uso. Debido a sus propiedades se usa como gas refrigerante en industrias alimenticias ya que posibilita un enfriamiento óptimo.

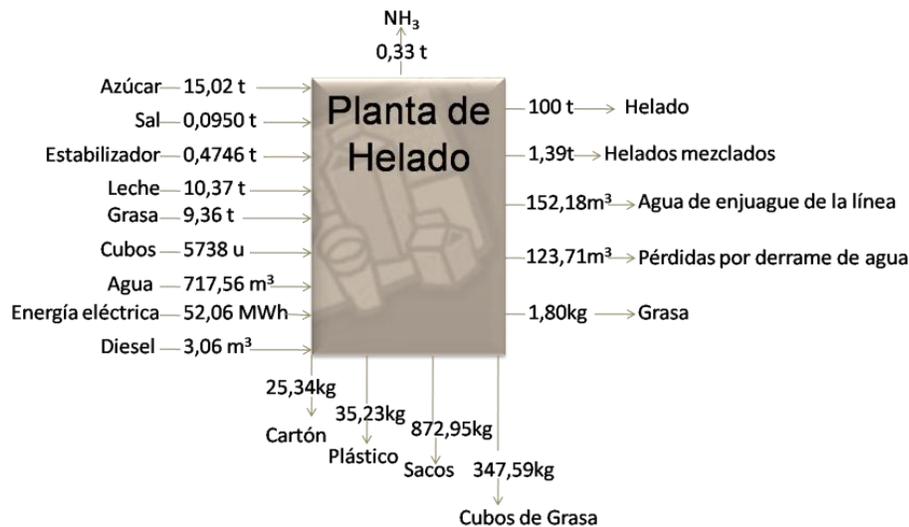
En la empresa es utilizado este refrigerante por la calidad para refrigeración (99.95 por 100 de  $\text{NH}_3$ ) para que el sistema de frío absorba su calor y lo condense a alta presión para que al

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

pasar por la válvula de expansión este absorba a su vez el frío del producto a enfriar, como es el caso de la congelación del helado en las neveras o del agua de los banco de hielo.

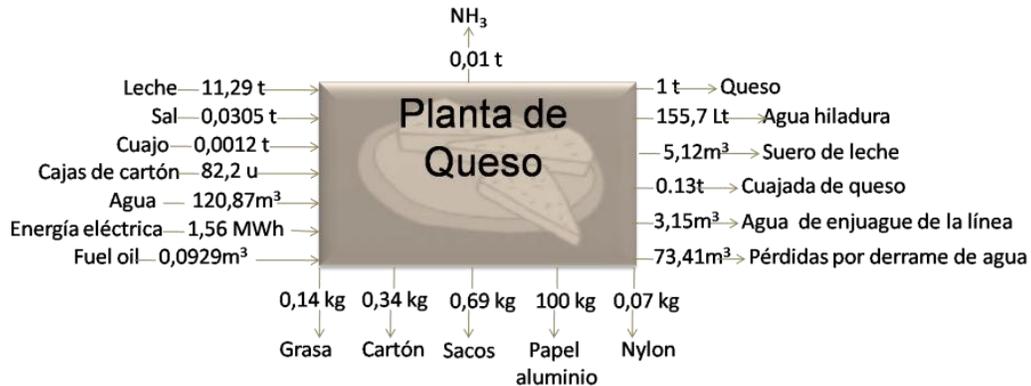
En estas aplicaciones es usado el amoniaco en un sistema cerrado que, teóricamente no debe existir pérdidas, pero en todo proceso industrial ocurren averías imprevistas y, para situaciones especiales que ocurran durante la producción, según estudios realizados por especialistas en la empresa, se deben reponer anualmente 4t. Actualmente producto a los escapes por rotura de algún compresor, preñe de válvulas con desperfectos mecánicos, disparo de válvula de seguridad y fundamentalmente por averías en los tubos se emite a la atmósfera 14t en el año 2012 de la sustancia. Esta es la cantidad que se compra para reponer en el sistema y de no existir tales dificultades no se emitiera esta cantidad a la atmósfera.

Con la realización de este paso se identifican, y estudia el manejo que reciben los residuos, por lo que se puede decir que el sistema industrial actual de la empresa es de Tipo II, donde hay retroalimentación y ciclos internos en el sistema. Lo que significa que los procesos ambientales y de fabricación están integrados al menos parcialmente. Luego de analizar mediante balance de las entradas y salidas involucradas con la producción de helado y queso es posible cuantificar la entrada de flujos de materiales, agua, energía, diesel, fuel oil y salidas de subproductos y residuos del sistema. En las **Figuras 3.1** y **3.2** se presentan estos resultados de forma resumida específico para 100t de helado y 1t de queso respectivamente.



**Figura 3.1:** Balance total de masa y energía para la producción de 100 t de helado. **Fuente:** Elaboración propia.

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray



**Figura 3.2:** Balance total de masa y energía para la producción de 1 t de queso. **Fuente:** Elaboración propia.

#### **Paso 9:** Búsqueda de alternativas para el aprovechamiento de los residuos identificados

A partir de búsquedas bibliográficas y consulta a expertos se investiga, la utilidad que tienen los residuos identificados para ver en que pueden ser aprovechados los mismos, ya sea en la propia empresa o como materia prima en otra, estimulando a la creación de sinergias. Se pretende que la entidad disminuya los diferentes residuos que disponen los sistemas productivos, incentivando así la prevención de la contaminación fundamentada a través del fortalecimiento y un mayor impulso a la recuperación de recursos. Producto a la instrucción realizada se percibe la gran potencialidad que representa la utilización de los residuos de las distintas etapas de los procesos de helado y queso, ya que ya que en vez de ocasionar quebrantos para la empresa puede aportar dinero, por lo que se evidencian disímiles oportunidades de aprovechamiento de los residuos generados. Los resultados de las indagaciones y documentación se muestran en el **Anexo 72**.

#### **Paso 10:** Problemas detectados durante la investigación

Mediante los balances de masa, agua, portadores se corrobora la adecuada correspondencia entre el consumo de diesel - producción de helado y fuel oil - producción de queso, permitiendo confirmar la utilización del índice de consumo de combustible expresado en m<sup>3</sup> por t de helados/quesos producidas, como un indicador de eficiencia energética en la empresa para el uso del diesel y fuel oil; lo mismo ocurre con la energía eléctrica en ambas plantas. Además en estos portadores, materias primas y el agua, el índice de consumo real, ciertamente se encuentra por debajo del planificado, pero aunque la empresa cumpla con las normas de consumo internas del centro, no quiere decir que no hallan problemas con ellos.

### **Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray**

---

El inventario de malas prácticas, indisciplinas tecnológicas, problemas ambientales, entre otras deficiencias detectadas durante el recorrido por el objeto de estudio se encuentra en el **Anexo 73**. Además de la observación directa en los recorridos se toman en cuenta los resultados obtenidos de las listas de chequeo, formularios y balances realizados.

#### **Etapa III: Acciones para la mejora de la Ecología Industrial**

En esta etapa se confeccionan un conjunto de acciones de mejora enfocadas hacia la reducción de los problemas identificados en el paso anterior. Tiene el objetivo de fomentar el cierre del ciclo de materia a través de la reducción, reutilización, reciclaje. Conjuntamente se realiza un estudio de factibilidad a través de una evaluación técnica, ambiental y económica de aquellas acciones propuestas que los expertos consideran urgentes a solucionar; además se plantean una serie de sugerencias para la implementación y monitoreo de las acciones de mejora propuestas.

##### **Paso 11: Propuestas de acciones de mejora**

Producto a los análisis realizados con la aplicación del procedimiento, que permiten definir los problemas en las plantas de helado y queso y en base a estos se generan un conjunto de oportunidades de mejora/ahorro que deben ser tenidas en cuenta por la dirección de la empresa objeto de estudio y los trabajadores en general. Esto posibilitaría la disminución del consumo de agua, portadores energéticos y de estos problemas detectados en el recorrido por las plantas ya que son recursos importantes y los problemas divisados están en directa relación a estos. En el **Anexo 74** se muestran dichas propuestas.

##### **Paso 12: Estudio de factibilidad técnica, económica y ambiental**

Para realizar el estudio de factibilidad, los expertos a través de una tormenta de ideas seleccionan aquellas medidas que requieran atención inmediata, ya que la empresa está en condiciones de resolver a un corto y mediano plazo. Con el propósito de darles un orden de prioridad se les aplica a los expertos una encuesta que se muestra en el **Anexo 75**. Los resultados de la votación se encuentran en el anexo antes citado, donde también se determina el Coeficiente de Kendall que resulta ser 0.811; por lo que se demuestra que hay concordancia entre el criterio de los expertos, lo que indica que se debe aceptar se decisión. Según el análisis realizado la factibilidad técnica, económica y ambiental determinada siguen el orden de prioridad que se muestra en dicho anexo.

En el **Anexo 76** se muestra la evaluación de las opciones de mejoras teniendo en cuenta los aspectos técnicos, económicos, y ambientales; resultando que estas mejoras tienen en la

### **Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray**

---

práctica factibilidad técnica, económica y ambiental, logrando cumplir además con los objetivos de la Ecología Industrial ya que aseguran el aumento del desempeño económico y ambiental de la empresa y disminuye las pérdidas de materias primas, agua, portadores energéticos y residuos. Con estas se logra considerar lo que antes era visto como residuo, ahora como un subproducto que aporta beneficios a la empresa y a la sociedad, cerrando el ciclo de materia mediante su aprovechamiento. Favoreciendo la evolución del sistema de producción actual (Tipo II o Flujo casi cíclico de materiales) hacia un sistema más integral, donde los procesos de fabricación y ambientales se integran, es decir un sistema de retroalimentación y ciclos internos (Tipo III).

#### **Paso 13: Implantación de las acciones propuestas**

La dirección es el máximo responsable de llevar a cabo las acciones propuestas con el fin de incrementar la eficiencia de la empresa y reducir riesgos a los seres humanos y el ambiente. Debe preparar las condiciones para que estas sean llevadas a cabo, e impartir capacitación para aquellas propuestas que lo requieran con el fin de que los trabajadores estén mejor preparados y se produzca un cambio positivo en la actitud de los mismos. Se plantan en el **Anexo 77** un conjunto de sugerencias a tener en cuenta a la hora de la implementación. Además los trabajadores deben sentirse a gusto con la nueva forma de operar ya que de estos dependen en gran medida los resultados de la organización.

#### **Paso 14: Monitoreo de resultados**

Esta actividad no implica solamente la actividad de medir, sino también las de recolección y de análisis sistemático de muestras gaseosas, líquidas y sólidas para evaluar cualitativa y cuantitativamente la contaminación generada, en función del tiempo (ver **Anexo 78**). Se vuelve a efectuar el cálculo de los indicadores de desarrollo sostenible, así como del parámetro  $DBO_5$  para el vertimiento de residuales líquidos.

Es importante que el monitoreo sea realizado por personas capacitadas puesto que a la hora de manejar equipos de medición complejos o de interpretar resultados complicados se necesita precisión. Otros factores son contar con herramientas adecuadas y bien mantenidas, tener condiciones apropiadas y que la muestra sea representativa.

### **3.2 Conclusiones parciales del capítulo III**

1. Se determina que la Empresa de Productos Lácteos Escambray ocupa la primera posición de organismos pertenecientes al MINAL que generan y disponen mayor  $DBO_5$  a la cuenca Arimao, representando la generada el 48.9% y la dispuesta el

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

---

32.45% del total de empresas, por lo que evidencia un aporte significativo a la contaminación de la provincia; además de originar contaminación sólida y atmosférica no cuantificada por los organismos. Demostrando la necesidad de aplicar programas de Ecología Industrial dentro de la entidad para mejorar su situación ambiental.

2. Un análisis del balance de materias primas de la EPLE en las plantas de helado y queso, muestra que las normas de consumo de la empresa se cumplen ya que el consumo real se mantuvo en correspondencia con lo planificado.
3. Un balance del agua muestra que no hay correspondencia entre la producción y el consumo de este recurso en ambas plantas y, aunque se cumple con la norma planificada, al comparar con estándares internacionales se evidencia que hay un sobre consumo de este recurso; originando estos problemas el derroche, producto al mal manejo de la misma y malas prácticas que atentan contra su gestión. Siendo este aspecto el de mayor dificultad en la empresa y por tanto una de las mayores potencialidades para aplicar Ecología Industrial.
4. Se evidencia mediante balances la total correspondencia entre producción y consumo de energía eléctrica, diesel y fuel oil en las plantas en cuestión y el plan está en correspondencia con lo real consumido. No obstante se identifican potencialidades de ahorro de los portadores energéticos.
5. Un análisis de calidad al producto final de helado y queso arroja que ambos son procesos estables y el helado es capaz de cumplir con especificaciones, no sucediendo lo mismo con el porcentaje de grasa extracto seco en queso ya que este tiene capacidad parcialmente adecuada de cumplir con especificaciones, ocurriendo a causa de la rotura de la máquina descremadora.
6. Los resultados de las listas de chequeo aplicada a trabajadores en relación con las materias primas demuestra que en ninguna de las plantas existen grandes problemas con lo referido al manejo y utilización eficiente de los materiales, aunque las principales deficiencias son con lo referido a la no realización de mantenimientos preventivos y, el control óptico de las tuberías, canales y equipos para detectar pérdidas no se hace con la puntualidad necesaria.
7. El cálculo de la Huella Ecológica Corporativa de la producción de helado y queso proyecta que área de territorio ecológicamente productivo necesaria para generar los recursos utilizados y asimilar los residuos producidos es  $4.46 \text{ ha/t}_{\text{helado}}$  y  $92.46 \text{ ha/t}_{\text{queso}}$ . Además la sub-huella insumos es el de mayor impacto sobre la huella total

### Capítulo III: Implementación de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial en la Empresa de Productos Lácteos Escambray

---

- ya que representan el 88.89% y 90.54% para helado y queso respectivamente y de manera estratificada el uso de lácteos (leche).
8. La determinación de la Huella Hídrica de la producción indica que de aguas azules representan un 8.64% y 24.33% para las plantas de helado y queso respectivamente, mientras que de aguas grises corresponde un 91.36% y 75.67%. Resultando que la Huella Hídrica total es  $83.04 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{helado}}$  y  $496.77 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{queso}}$ .
  9. El análisis de residuos líquidos de las plantas en estudio tiene como resultado que se derrama producto a las malas prácticas  $114\ 998.17 \text{ m}^3$  de residuales correspondiente a las plantas de helado y queso; además aunque se vende el suero y agua hiladura se aprovecha parcialmente toda la generada por falta de capacidad en recipientes de almacenamiento.
  10. Un balance de residuos sólidos de las plantas mostró que aunque existe un plan de recuperación de materias primas la misma no es totalmente ecoeficiente ya que a través de la lista de chequeo y formularios para conocer el manejo de los residuos se evidencia que se mezclan los residuos. No le dan solución en la actualidad a la grasa que se recoge de las trampas el que se puede emplear por ejemplo en la fabricación de jabón.
  11. En los residuos de tipo gaseoso la mayor dificultad se encuentra en que actualmente la empresa producto a los salideros, fundamentalmente por averías en los tubos del gas refrigerante amoníaco, se emiten a la atmósfera 14 t en el 2012 siendo el porcentaje que se debe reponer anualmente de 4 t.
  12. Se presenta un programa que contiene 43 acciones de mejoras basado en los principios de la Ecología Industrial, las que son evaluadas por el conjunto de expertos para identificar aquellas que requieran atención inmediata. Estas resultan factibles técnica, ambiental y económicamente ya que pueden disminuir la contaminación ambiental y la recuperación de la inversión es antes del primer año, menos la propuesta de cisterna y la bomba que es antes del segundo año.
  13. De implantar las medidas propuestas que resultan factibles, se puede reducir  $101\ 989.23 \text{ m}^3/\text{año}$  de consumo de agua,  $395\ 130 \text{ Lt/año}$  de residuales suero y agua hiladura,  $4\ 004.21 \text{ m}^3$  de agua enjuague de la línea de helado, mientras que de portadores se puede ahorrar 1.168 t de diesel y 6.78 t de fuel oil. Contribuyendo a la disminución del impacto ambiental y representando un aporte económico de 196 007.63 CUP.



*Conclusiones*

*Generales*

### Conclusiones Generales

Al término de la investigación, sintetizada en la presente Tesis de Grado se arriba a las siguientes conclusiones generales:

1. Se demuestra que la Ecología Industrial es una herramienta dentro de las prácticas de ecoeficiencia que se debe aplicar en empresas de productos y servicios posibilitando disminuir la contaminación ambiental mediante el aprovechamiento óptimo de las materias primas, agua, portadores energéticos y residuos dentro y fuera de la organización, aunque este enfoque es deficiente en la industria cubana.
2. Se propone un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial que incluye herramientas, técnicas y el empleo de *Software* para la recopilación y procesamiento de información; el cuál según el criterio de los expertos se verifica la pertinencia de su implementación y muestra ventajas para un desarrollo productivo sostenible.
3. Se demuestra que la Empresa de Productos Lácteos Escambray hace un aporte significativo a la contaminación ambiental de la provincia, lo cual representa un 48.99% de DBO<sub>5</sub> que es generado y un 32.45% dispuesto a la cuenca Arimao; lo cual fue corroborado por datos de diferentes organismos y los existentes en la misma empresa.
4. Un análisis del balance de masa y energía en los procesos en estudio muestra que: en el caso de las materias primas y portadores energéticos no existen problemas significativos; sucediendo lo contrario con el agua ya que no existe correspondencia entre el consumo de este recurso y la producción y a pesar de que cumplen con los planes, está su consumo muy por encima de los estándares internacionales. Evidenciándose los salideros y malas prácticas que atentan contra su gestión, existiendo potencialidades de ahorro y de aplicar Ecología Industrial.
5. Un análisis de las especificaciones de calidad de los productos helado y queso muestra que ambos son procesos estables o lo que es lo mismo están en control estadístico y, el helado es capaz de cumplir con especificaciones de porcentaje de grasa y sólidos totales, mientras que el queso es parcialmente capaz de cumplir con especificaciones con lo referido a la grasa extracto seco, ocurriendo a causa de la rotura de la máquina descremadora.
6. Al determinar la Huella Ecológica Corporativa y Huella Hídrica, resulta que se necesitan para la producción de una tonelada de helado 4.46 ha de tierra productiva para generar los recursos utilizados y asimilar los residuos producidos y 83.04 m<sup>3</sup> de

## Conclusiones Generales

---

agua, mientras que para la producción de una tonelada de queso se requieren 92.46 ha y 496.77 m<sup>3</sup>. Representando el mayor impacto sobre la huella ecológica total la sub-huella insumos con 88.89% y 90.54% para la producción de helado y queso respectivamente y de manera estratificada el uso de lácteos (leche).

7. Un análisis de los principales residuos en las plantas resultantes de aplicar un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial, induce que las principales potencialidades de disminución de la contaminación ambiental se centran en la reducción de los consumos de agua y portadores energéticos, además del aprovechamiento de los residuos que se generan en las diferentes etapas de los procesos.
8. Se proponen en la investigación un total de 43 acciones de mejoras, de las cuales a partir de la priorización de los expertos se seleccionan ocho a las que se le realiza una evaluación técnica, económica y ambiental resultando que todas son factibles y la recuperación de la inversión es antes del primer año, menos la propuesta de cisterna y la bomba que es antes del segundo año.
9. Se demuestra en la presente investigación que de implantar las acciones propuestas que resultan factibles, se contribuye a disminuir el impacto ambiental y se puede obtener un beneficio económico de 196 007.63CUP al ahorrar fundamentalmente 101 989.23 m<sup>3</sup> de agua, 1.168 t de diesel y 6.78 t de fuel oil; también por recuperar 395 130 Lt/año de suero y agua hiladura y por el agua de enjuague de la línea de helado (4 004.21 m<sup>3</sup>).

A dynamic splash of white liquid, likely milk, is captured in mid-air against a light, neutral background. The splash originates from the bottom left and moves towards the center, with several droplets trailing behind it. The liquid has a soft, creamy texture and is outlined with a thin, dark, dashed border. The overall composition is clean and minimalist.

*Recomendaciones*

### Recomendaciones

1. Presentar la investigación a la dirección de la Empresa de Productos Lácteos Escambray, y a todos los organismos pertinentes tanto en dirección horizontal como vertical (MINAL y Poder Popular respectivamente) para debatir sobre la importancia y posibilidad de implantar las acciones de mejora propuestas para obtener beneficios económicos y ambientales estimados.
2. Extender los estudios de Ecología Industrial a la Planta de Producción de Leche y Derivados de la Soya, además de continuar la implementación del procedimiento en otras empresas de la provincia que afecten con sus producciones al medio ambiente.
3. Investigar la mejor alternativa para que los residuos que son generados en las distintas etapas de los procesos puedan ser utilizados, en la propia entidad o enviados a otros organismos para que entren como materia prima de la misma, cerrando así el ciclo de materia.
4. Trabajar en el perfeccionamiento del procedimiento propuesto mediante la adición de nuevas herramientas y *software* que ayude a su progreso.
5. Después de implantadas las acciones de mejora realizar el monitoreo para efectuar nuevamente el cálculo de los indicadores de desarrollo sostenible, así como del parámetro DBO<sub>5</sub> para el vertimiento de residuales líquidos y evaluar cualitativa y cuantitativamente la contaminación generada, en función del tiempo.



*Bibliografista*

## Bibliografía

---

### Bibliografía

- Alfaro Sanes, Eloy. (2009). El Suero de Leche y sus Aplicaciones en los Alimentos. Retrieved from <http://www.alimiologia.com>.
- Allenby, B.R., & National Academy of Engineering. (1994). *The greening of industrial ecosystems*. (Deanna J. Richards, Ed.). National Academies.
- Alvarado López, Raúl Arturo. (2009a). "Cooperación entre Firmas y Ecología Industrial Un estudio de caso: Industria Mexicana de Reciclaje". Universidad autónoma metropolitana.
- Alvarado López, Raúl Arturo. (2009b). *Cooperación entre Firmas y Ecología Industrial Un estudio de caso: Industria Mexicana de Reciclaje*. Tesis que para obtener el Grado de Maestro en Economía y Gestión de la Innovación, Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.
- Alzola, Eduardo, & Santa María-Amurrio, Maialen. (2011). *Diagnóstico de la gestión de residuos industriales no peligrosos en el área de Calamocha (Teruel)* (pp. 13-25). Aragón.
- Aplicaciones para productos lácteos de filtración por membrana. (2013). Retrieved June 5, 2013, from <http://geafiltration.com>.
- Arto Olaizola, Iñaki. (2008). *Metabolismo Social Del País Vasco*.
- Ausubel, Jesse. (1992). Industrial Ecology: Reflections on a Colloquium. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, (89).
- Ayres Frosch, Robert. (1989). "Industrial metabolism". Technology and Environment, National Academy Press, Washington D.C.
- Ayres Frosch, Robert. (1992). Industrial ecology: A philosophical introduction.
- Ayres Frosch, Robert, & E. Gallopoulos, Nicholas. (1989). Strategies for Manufacturing Waste from one industrial process can serve as the raw materials for another, thereby reducing the impact of industry on the environment.

## Bibliografía

---

- Banco Central de Cuba. (1999). Resolución 59/99.
- Becerra Pérez, Alianny. (2010). *Procedimiento para la mejora continua de los procesos de la Empresa de Productos Lácteos Escambray. Caso de implementación: Proceso de producción de Helado de crema.*
- Beltrán Sanz, Carmona Calvo, Carrasco Pérez, Rivas Zapata, & Tejedor Panchon. (2002). Guía para una gestión basada en procesos. Instituto Andaluz de Tecnología.
- Bermejo, Roberto. (2001). Fundamentos de ecología industrial. *Cuadernos Bakeaz*, (44), 20.
- Bernabeu, Nacho. (2012a). Beneficios de la Ecología Industrial. Retrieved from [www.nachobernabeu.com](http://www.nachobernabeu.com).
- Bernabeu, Nacho. (2012b). Ejemplos de aplicación de la Ecología Industrial. Retrieved from [www.nachobernabeu.com](http://www.nachobernabeu.com).
- Bey, Christoph.(2001). Quo Vadis Industrial Ecology? *Huddersfield University Business School*, 29, 35-42.
- Blog Ecointeligencia. (2012). Kalundborg, ejemplo de industria ecointeligente. Retrieved January 4, 2004, from <http://www.ecointeligencia.com/2012/04/kalundborg-ecologia-industrial-ecointeligente/>.
- Blog Ecointeligencia. (n.d.). La Ecología Industrial imita a la Naturaleza. Retrieved January 4, 2004, from <http://www.ecointeligencia.com/2010/11/la-ecologia-industrial-imita-a-la-naturaleza/>.
- Bolsas de Centroamérica. (n.d.). Retrieved June 5, 2013, from [http://bolsasca\(at\)holcim.com](http://bolsasca(at)holcim.com).
- Bunker, Stephen. (1996). Materias primas y economía global: olvidos y distorsiones de la ecología industria. *Revista Ecología Política*, (12).
- Bunker, Stephen. (1997). *The Political Economy of Raw Materials extraction and Trade*. University of Cambridge, England: Scolow, R. et al.
- Cámara Costarricense de la Industria Alimentaria. (2010). 50 Sugerencias para una mayor Eficiencia Ambiental en la Industria de Alimentos.

## Bibliografía

---

- Carpintero, Óscar, & Naredo, José M. (2003). La Ecología Industrial. *Economía Industrial*, (No. 351), 10-14.
- Carrillo González, Graciela. (2000). Ecología Industrial y criterios de interacción.
- Carrillo González, Graciela. (2005). *Ecología Industrial y Sustentabilidad: el proyecto sinergia de subproductos en Altamira-Tampico*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Barcelona, España.
- Carrillo González, Graciela. (2012). Estrategias de simbiosis industrial El caso de éxito de Altamira-Tampico. México.
- Carrillo González, Graciela. (2009). Una revisión de los principios de la ecología industrial, 22(No. 59), 247-265.
- Cartón. (2009). Retrieved June 5, 2013, from <http://www.profesorenlinea.cl>.
- Castro Gómez, Melba, & Vinuesa Armas, Manuel. (2011). *Manual para el manejo adecuado de los Residuos Sólidos generados por el Camal Municipal de Riobamba*. Tesis de Grado previa a la obtención del Título de Licenciado en Educación Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. (2005). Guía Técnica General de Producción Más Limpia.
- Centro Nacional de Producción Más Limpia. (2000). Manual de Introducción a la Producción Más Limpia de la Industria.
- Cervantes Torre Marín, Gemma. (2007). "A methodology for teaching industrial ecology", p. 131-141.
- Cervantes Torre Marín, Gemma. (2011). Ecología Industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales.
- Cervantes Torre Marín, Gemma. (2010). La Ecología Industrial: innovación y aplicación del desarrollo sustentable en sistemas humanos.
- Cervantes Torre-Marín, G, Sosa Granados, R., Rodríguez Herrera, G., & Robles Martínez, F.

## Bibliografía

---

- (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable.
- Chávez, Sergio. (n.d.). Gestión ambiental.
- Chertow, Marian R. (2007). "Uncovering" Industrial Symbiosis. Retrieved from  
marian.chertow@yale.edu.
- Cleaner Production and Industrial Ecology - Leenard Willem Baas - Google Books. (n.d.). .  
Retrieved January 28, 2013, from <http://books.google.com.cu/books>.
- Considine, Timothy. (1998). Ecología Industrial. Universidad del Estado de Pennsylvania.  
Retrieved from [http://www.mcrit.com/ecosind\\_web](http://www.mcrit.com/ecosind_web).
- Copyright CEMEX. (2013). Ecología Industrial. La Ciudad del Futuro. Retrieved January 4,  
2004, from <http://www.cemex.com/ES/DesarrolloSustentable/EcologiaIndustrial.aspx>.
- Cortés, Manuel. (2005). *Modelación Matemática Aplicada*.
- Curbelo Martínez, Maidelis, Curbelo Martínez, Dainelis, & González Álvarez, Roxana. (2012).  
Herramientas de Gestión Ambiental: PML y ACV. Retrieved from  
mcmartinez@ucf.edu.cu, dcurbelo@ucf.edu.cu, rgonzalez@ucf.edu.cu.
- Despeisse, M., Ball, P.D., Evans, S., & Levers, A. (2012). Industrial ecology at factory level e  
a conceptual model. *Journal of Cleaner Production*, (31), 30e39.
- Determinación de Grasa y Sólidos Totales en Leche y Derivados. (2004).
- Doménech Quesada, Juan Luis. (2006). Guía metodológica para el cálculo de la huella  
ecológica corporativa. Centro Argentino de Estudios Internacionales Programa  
Recursos Naturales & Desarrollo. Retrieved from [www.huellaecologica.com](http://www.huellaecologica.com).
- Duran Romero, Gemma. (2007). *Empresa y medio ambiente*. Madrid: Pirámide.
- Ecodiseño Centroamérica (Ed.). (2008). Revista Trimestral Latinoamericana Caribeña de  
Desarrollo Sustentable.
- Ecología industrial: Introducción. (2008). *Revista Virtual Pro*. Retrieved from  
<http://www.revistavirtualpro.com/revista/index>.
- Ehrenfeld, John. (2004a). Can Industrial Ecology be the "Science of Sustainability"? *Journal*

## Bibliografía

---

*of Industrial Ecology*, 8(No. 1), 1-3.

Ehrenfeld, John. (2004b). Industrial ecology: a new field or only a metaphor?

El blog del bavaro: El maravilloso suero de la leche. (2009). Retrieved May 11, 2013, from <http://elbavaro.blogspot.com/>.

Equipo Técnico del Centro de Producción más limpia de Nicaragua. (2008). Manual de Buenas Prácticas Operativas de Producción Más Limpia para la Industria Láctea.

Erkman, Suren. (1997a). Industrial Ecology: A Historical View, 1-10.

Erkman, Suren. (1997b). Industrial Ecology: A Historical View, 5(1-2), 1-10.

Fischer-Kowalski, Marina. (1998). *Society's Metabolism: The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1970-1980*. Institute of Technology and Yale University Volume 2, Number I.

Focus Ecología Industrial. (2009). 29.

Fundación Entorno. (n.d.). *La Gestión Sostenible en los Polígonos Industriales. Una aplicación de la Ecología Industrial*.

Fundación Forum Ambiental. (2000). Guía para la ecoeficiencia. Retrieved from <http://www.forumambiental.org>.

García Salazar, Edith M. (2008). Economía Ecológica frente a Economía Industrial. El caso de la industria de la curtiduría en México.

Garrido, Guillermo. (2010). Ecología Industrial: la naturaleza como fuente de inspiración, (No. 88), 4.

Garrido, Guillermo J. (2012). La biomasa como recurso energético, desde la Ecología Industrial. Retrieved from [ggarrido@inti.gob.ar](mailto:ggarrido@inti.gob.ar).

GEA Process Engineering. (2010). Soluciones Tecnológicas a medida para nuestros clientes. Integración de Procesos, Innovación y Servicio. Industria Láctea. Retrieved from <http://www.geape.es>.

González Núñez, Ania. (2008). Aprovechamiento de los envases y residuos de las

## Bibliografía

---

- producciones en la empresa productos lácteos Escambray. Retrieved June 5, 2013, from <http://monografias.com>.
- Graedel, Thomas, Anrews, C, Berkhout, F., & Thomas, V. (Eds.). (1994). Industrial Ecology: Definition and Implementation. In *Industrial Ecology and Global Change* (R. Socolow., pp. 23-42). New Jersey. Retrieved from [www.nhbs.com/industrial\\_ecology\\_and\\_global\\_change\\_tefno\\_18990.html](http://www.nhbs.com/industrial_ecology_and_global_change_tefno_18990.html).
- Grasa butiricaanhidra. Aditivo para alimentos. Información dosificación y venta. (2010). Retrieved June 5, 2013, from [http://www.oocities.com/grupo\\_industrialaisa](http://www.oocities.com/grupo_industrialaisa).
- Guía de Buenas prácticas para la gestión de residuos industriales. (n.d.).
- Gutiérrez Pulido, & de la Vara Salazar. (2007). *Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma* (Vol. 1). La Habana: Félix Varela.
- Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen. (2010). *Manual de Evaluación de la huella hídrica*.
- Instrumentos de la gestión ambiental en la empresa*.(1997). .
- Jensen, P. D, Basson, L, & Leach, M. (2011).Reinterpreting Industrial Ecology.*Journal of Industrial Ecology*, 15, 680-692.
- Kellogg, Terry, Pfeister, Douglas, Phillip-Neill, John, &Weuste, Susan. (1999). The Green Triangle of Boston, Massachusetts: An Eco-Industrial Cluster. In *Developing Industrial Ecosystems* (pp. 251-277).
- La Red de Comunidades Inteligentes: Parques Industriales Ecológicos. (n.d.). Retrieved from <http://www.smartcommunities.ncat.org/espanol/.shtml>.
- Lambert, A.J.D., & Boons, F.A. (2001). Eco-industrial parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks (pp. 471–484). Pegamon. Retrieved from [http://users.ugent.be/~tfmaes/Lambert\\_EI](http://users.ugent.be/~tfmaes/Lambert_EI).
- Leal, José. (2005). Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias. Retrieved from <http://www.cepal.org/>.

## Bibliografía

---

- Loss, E., Royer, A. R., Barreto-Rodrigues, M., & Barana, A. C. (2009). Use of maize wastewater for the cultivation of the *Pleurotus* spp. mushroom and optimization of its biological efficiency (pp. 1522-1525). *J. Haz. Mat.*
- Lowe, Ernest A. (2001). *Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*. Indigo Development. Retrieved from <http://www.google.com.cu/search>.
- Lowe, Ernest A., Warren, John L., & Moran, Stephen R. (1998). *Iscovering Industrial Ecology: an executive briefing and sourcebook*. *Indigo Development*. Retrieved from <http://www.indigodev.com/Discover.html>.
- Luis Pacheco, Aracely. (2012). La dimensión ambiental en el control de la gestión empresarial. Primer Taller Nacional de Ingeniería Industrial.
- Lule Chable, David, & Cervantes Torre Marín, Gemma. (2010). Diagramas de flujo de sistemas industriales, una herramienta para la ecología industrial. El caso del corredor industrial de Altamira. Retrieved from [dlulec0600@ipn.mx](mailto:dlulec0600@ipn.mx), [gemma.cervantes@gmail.com](mailto:gemma.cervantes@gmail.com).
- Mackenzie, Baris, Dion, Katharine, Chris, Nelson, & Zhang, Yujun. (2001). Industrial Symbiosis in New Haven Harbor: English Station West. In *Developing Industrial Ecosystems* (pp. 413-438). Retrieved from [http://environment.yale.edu/industrial\\_ecology](http://environment.yale.edu/industrial_ecology).
- Mangan, Andy. (1997). *The Business Council for Sustainable Development—Gulf of Mexico (BCSD-GM)*. México. Retrieved from <http://www.smartgrowth.org/pdf/byprod.pdf>.
- Martínez-Alier, J. (2003). Ecología industrial y metabolismo socioeconómico: concepto y evolución histórica. *Economía Industrial*, (No. 351), 15-26.
- Martínez-Alier, J., & Roca, J. (2000). Economía ecológica y política ambiental.
- MESVAL Proyecto. (2010). Retrieved from <http://www.cimne.com/mesval/>.
- Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. (2007). *Estrategia Ambiental Nacional 2007-2010* (p. 70). La Habana: CITMA.

## Bibliografía

---

- Ministerio de Economía y Planificación. (2006). Resolución 91/2006.
- Morales Mora, Miguel Á. (2012). *Metodología de Evaluación Ambiental y Económica de Proyectos Petroquímicos mediante el Análisis del Ciclo de Vida y modelo de Eco-Costos*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Morales, Jorge. (2011). *Modelo de Innovación en Gestión Ambiental: El caso de la gestión del agua y el manejo integral de residuos sólidos en las plantas Bimbo y Barcel Toluca*. Tesis que para obtener el Grado de Maestro en Economía y Gestión de la Innovación, Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.
- NC 47: 2009 Helados - Especificaciones. (2009).
- NC-ISO 8367-1: 2007. Embalajes, tolerancias dimensionales de sacos para uso general. (2007).
- NEIAL - 1601.122 Leche y sus derivados quesos cumamayagua. Especificaciones de Calidad. (2010).
- Noticias - Integra Definición: Ecología Industrial. (2012). Retrieved January 4, 2004, from [http://innteграingeneria.com/articulos/120227-ecologia\\_archivos/01-definicion.html](http://innteграingeneria.com/articulos/120227-ecologia_archivos/01-definicion.html).
- Nylon, Tecnología de Plásticos. (2011). Retrieved from <http://www.textoscientificos.com>.
- Ochoa, G. (2007). *Las Producciones Más Limpias en la Gestión Empresarial*. La Habana: Félix Varela Universo Sur.
- Oficina Nacional de Normalización (Ed.). (2012). NC 27:2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado\_ Especificaciones.
- Oficina Nacional de Normalización (Ed.). (2007). NC 521:2007 Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas \_Especificaciones.
- Oficina Nacional de Normalización (Ed.). (1999). NC-ISO 14040: 1999: Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo De Vida. Principios y Estructura.
- ONE. (2011). *Gestión Ambiental en Cifra. Cuba 2011* (p. 35). Cuba: ONE Oficina Nacional de

## Bibliografía

---

Estadísticas.

P. Fullana, & R. Puig. (2002). Ecología industrial. Conceptos básicos, discusión y aplicación en España. *Medio Ambiente*, 75-79.

Pinzón Latorre, Andrés. (2008). *La Simbiosis Industrial en Kalundborg, Dinamarca*. Colombia: Universidad de los Andes.

Programa Ambiental Nicaragua – Finlandia. (PANIF). (2009). Diagnóstico de las Queseras artesanales y su impacto en el medio Ambiente.

*Project 3C1: Developing Local Synergies in the Gladstone Industrial Area*. (2008). . Final Project Report, Queensland, Australia: Centre for Social Responsibility in Mining, Sustainable Minerals Institute, The University of Queensland.

PRYSMA Calidad y Medio Ambiente. (2007a). Guía de práctica para la aplicación del Ecodiseño. CEPYME ARAGÓN.

PRYSMA Calidad y Medio Ambiente. (2007b). Guía práctica para la aplicación del Ecodiseño. CEPYME Aragón.

Queso de Pasta Hilada. (2013). Retrieved from <http://www.buenastareas.com/ensayos/Queso-de-Pasta-Hilada/4263393.html>.

Quimi Net. (2013). La importancia de la grasa butírica anhidra en los lácteos. Retrieved May 12, 2013, from <http://grasabutiricaanhidraenloslacteos.com>.

Ramírez Judías, Emilio, & Galán Ortiz, Laura.(2002). *El ecodiseño como herramienta básica de gestión industrial*. Retrieved from [erjudias@us.es](mailto:erjudias@us.es), [lgalanortiz@hotmail.com](mailto:lgalanortiz@hotmail.com).

Restrepo Gallego, M. (2006).Producción más Limpia en la Industria Alimentaria. *Producción + Limpia*, 1 (No. 1), 88-101.

Ricardo Cabrera, Henry. (2009). *Procedimiento para la mejora continua de los procesos de la Empresa de Productos Lácteos Escambray*.

Rieradevall, Joan. (2000). Ecodiseño y desarrollo sostenible nueva estrategia de mejora ambiental de los productos por parte de las empresas.

## Bibliografía

---

- Romero Rodríguez, Blanca Iris. (2002). El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental.
- Rosemberg, Adrián. (2006). Estructplan On Line - Artículos. Retrieved from <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=1234>.
- Rosenfeld, Arthur H. (2011). 6th International Conference on Industrial Ecology. University of California, Berkeley. Retrieved from <http://isie2011.berkeley.edu/>.
- Saval, Susana. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *Biotecnología*, Vol. 16(2), 14-46.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2005). Guía para la Implementación de Proyectos de Producción Limpia y Competitividad Empresarial.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. (n.d.). Manual para autogestión medioambiental en industrias y asentamientos industriales.
- Sendra Sala, C. (2006). El análisis de los flujos de materiales en la ecología industrial. Una herramienta para alcanzar el desarrollo sostenible. Retrieved from [www.alcion.es](http://www.alcion.es).
- Seoánez, Mariano. (1998). *Ecología industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa* (2º ed.). Ediciones Mundi-Prensa; España.
- Serrano Méndez, Tortosa Ferrer, Terry Berro, Abó Balanza, Menéndez Gutiérrez, & Prévex Pascual. (2006). Protección ambiental y producción + limpia (Parte 1 y 2). Editorial Academia.
- Sobrinho, H. B. S., Rufino, R. D., Luna, J. M., Salgueiro, A. A., Campos-Takaki G M, Leite L F C, et al. (2008). Utilization of two agroindustrial by-products for the production of a surfactant by *Candida sphaerica* (43º ed., Vol. 9, pp. 912-917). Los Ángeles, Estados Unidos: Proc. Biochem.
- Spiegelman, Jonah. (2003). Beyond the food web: connections to a deeper industrial ecology. *Journal of Industrial Ecology*, 7, 17-23.
- Sterr, Thomas. (2001). Inter-industrial Materials Flow Management – the Rhine-Neckar-Experience (South Germany). In *HelSIE Symposium on Industrial Ecology and*

## Bibliografía

---

- Material Flows* (pp. 285-293). University of Jyväskylä. Retrieved from <http://www.iuwa.de/pdf/helsinki.pdf>.
- Stigson B. (1999). World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) president. What is Eco-Efficiency? in Workshop "Eco-Efficiency" (p. 2). Sidney, Australia. Retrieved from [www.wbcd.ch/DocRoot/IVejTnoAn2qiwxlpsWL/EEWhat.pdf](http://www.wbcd.ch/DocRoot/IVejTnoAn2qiwxlpsWL/EEWhat.pdf).
- Suppen, Nydia, & Bart Van Hoof. (2005). *Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño*. Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable.
- Tibbs, Hardin. (1993). *Industrial Ecology An Environmental Agenda for Industry* Hardin.
- Tyl, Benjamin. (2011a). *Ecoeficiencia industrial. Cómo alcanzar la ecoeficiencia a través del ecodiseño y de la ecología industrial*. Retrieved from <http://www.redremar.com>.
- Tyl, Benjamin. (2011b). Remar, Red Energía y Medio Ambiente. *Ecoeficiencia industrial, Cómo alcanzar la ecoeficiencia a través del ecodiseño y de la ecología industrial*, 41-69.
- UN-CSD Center for Sustainable Development. (2010). Retrieved from [www.un.org/esa/sustdev/natinfo/indicators](http://www.un.org/esa/sustdev/natinfo/indicators).
- Unidad de Gestión del CITMA. (2011). *Proyecto Estrategia Ambiental Territorial Provincia Cienfuegos*. Cienfuegos: CITMA.
- Universidad Norte de Nicaragua. (2013). *Manual de Producciones Más Limpias de la Industria Láctea*. Retrieved from <http://www.uni.norte.edu.nic>.
- UPC, Portal de Sostenibilidad. (2011). Retrieved from <http://portalsostenibilidad.upc.edu/>.
- Uribebtz, Alberto. (2012). *Ecología Industrial*. Retrieved January 4, 2004, from <http://www.buenastareas.com/ensayos/Ecologia-Industrial/5837869.html>.
- Van Beers, Dick. (2008). *Project 3B1: Capturing Regional Synergies in the Kwinana Industrial Area*. Centre of Excellence in Cleaner Production Curtin University of Technology. Retrieved from <http://www.csrp.com.au/publications/2008/pubs2008.html>.

## Bibliografía

---

- Villa, Eulalia, & Pons, Ramón. (2006). *Gestión por Procesos*. Monografía, UCF.
- Villatoro Monzón, Wilverth. (2013). Red Mexicana de Ecología Industrial. Retrieved January 4, 2004, from <http://aeropuerto.uaq.mx/diplomados.html>.
- Wang, Lawrence K., & Aulenbach, Donald B. (2004). *Aplicación de la Ecología Industrial. Gestión de Residuos Industriales Peligrosos*.
- Wang, Zhaohua, & Yin, Jianhua. (2008). Operational Patterns of Industrial Symbiosis Network in Industrial Cluster District Based on Circular Economy Theory. *Published by Research Information Ltd (RIL), UK, 6 (No. 1), 45-53*.
- WWF Internacional, Sociedad Zoológica de Londres (ZSL), & Red de la Huella Global (GFN). (2010). *Informe Planeta Vivo 2010*.
- Zaror Zaror, Claudio Alfredo. (2000). *Introducción a la Ingeniería Ambiental para la Industria de Procesos*. Universidad de Concepción-Chile.

A dynamic splash of white liquid, likely milk, is captured in mid-air against a light, neutral background. The splash originates from the bottom left and moves towards the center, with several droplets trailing behind it. The word "Glosario" is written in a black, elegant script font, positioned in the lower right quadrant of the splash.

*Glosario*

### Glosario

**Aguas residuales:** Aguas cuya calidad original se ha degradado, en alguna medida, como consecuencia de su utilización en diferentes acciones y procesos.

**Balance de masa:** Cuantificación de las entradas y salidas de masa en un proceso o en cada una de las operaciones unitarias.

**Ct:** Cientos de toneladas

**Carga contaminante por residuales líquidos:** Masa del contaminante (kg) que se descarga por unidad de tiempo (día). Se calcula multiplicando el caudal medio en el día ( $m^3/día$ ) por la concentración media diaria ( $kg/m^3$ ), la carga se expresa en ( $kg/día$ ).

**Contaminación:** cambio desfavorable en las características físicas, químicas o biológicas del aire, del agua o de la tierra, que podría ser perjudicial para la vida.

**Contaminante Atmosférico:** sustancia que ha sido incorporada directa o indirectamente a la atmósfera en las cantidades suficientes que pueda afectar adversamente la salud humana, los ecosistemas y el medio ambiente en general.

**Cuerpo receptor:** Todo cuerpo de agua (río, arroyo, lago, embalse, acuífero) que recibe directa o indirectamente la

descarga o efectos contaminantes producto del vertido de aguas residuales.

**Desarrollo Sostenible:** es el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** Cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de tiempo.

**EPLE:** Empresa de productos Lácteos Escambray

**Ecoeficiencia:** Es la capacidad de una entidad gestionada de satisfacer simultáneamente las metas de costo, calidad y rendimiento, su objetivo es reducir los Impactos Ambientales y conservar los recursos valiosos, para lo cual son necesarios procesos y productos más limpios y la utilización sostenible de los recursos.

**Huella Hídrica de un producto:** es el volumen de agua utilizada para producir el producto, medidos a lo largo de la cadena de suministro.

**Huella Ecológica Corporativa:** transforma todos los consumos de materiales y energía a hectáreas de terreno productivo (cultivos, pastos, bosques, mar, suelo construido o

absorción de CO<sub>2</sub>) dando una idea clara y precisa del impacto de la actividad productiva sobre el ecosistema.

**Límite máximo permisible promedio:** Valor de la concentración promedio de un parámetro contaminante que no debe ser excedido por el responsable de la descarga de aguas residuales.

**Mejores prácticas:** Son las acciones o recomendaciones publicadas, tecnologías empleadas o destrezas industriales instrumentadas en el mundo, que permiten elevar la eficiencia para alcanzar un objetivo o resultado con un menor requerimiento de recursos, o que incrementan la efectividad reduciendo el margen de incertidumbre para alcanzar un objetivo o resultado claramente definido, ambas, eficiencia y efectividad, considerando la disminución de riesgos de daños o perjuicios a las personas, a los bienes o a la naturaleza.

**Prevención de la contaminación:** es el uso de procesos, prácticas y/o productos que permiten reducir o eliminar la generación de contaminantes en sus fuentes de origen.

**P<sub>xH</sub>:** problema de la planta de helado, donde x es el número del problema.

**P<sub>xQ</sub>:** problema de la planta de queso, donde x es el número del problema.

**P+L:** Producciones más limpias.

**Reciclaje:** convertir un residuo en insumo o en un nuevo producto.

**Reuso:** volver a utilizar un residuo en su forma original.

**Recuperación:** aprovechar o extraer componentes útiles de un residuo.

**Reutilización o reuso del agua:** emplear el agua nuevamente en un mismo uso, compensándose pérdidas inevitables durante el proceso, con aporte de agua fresca.

t: tonelada.

**Tratamiento de residuos:** se entiende cualquier proceso destinado a cambiar las cualidades físicas, químicas o biológicas o la composición de los residuos para neutralizarlos, hacer que no sean peligrosos, aumentar su seguridad en el transporte, posibilitar su recuperación o almacenamiento, o para reducirlos en volumen. Los residuos pueden recibir más de un proceso de tratamiento.

**Vertido:** Acción de descargar o verter aguas residuales a los sistemas de alcantarillado o cuerpos receptores.



*Anejos*

**Anexo 1:** Definiciones de Ecología industrial. **Fuente:** Elaboración Propia.

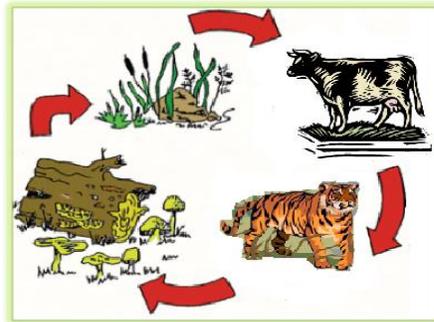
Autor	Definición
Frosch, RA; Gallopoulos (1989)	Rama de la ciencia de los sistemas para la sostenibilidad, o un marco para diseño y operación de sistemas industriales como sostenible e interdependiente con natural sistemas, buscando el equilibrio entre la producción industrial y el desempeño económico con una emergente comprensión de las limitaciones ecológicas locales y globales.
Jelinski et al. (1992)	Una nueva aproximación al diseño industrial de productos y procesos y a la implantación de estrategias de fabricación sostenibles.
Patel (1992)	La totalidad de modelos de relación entre las diferentes actividades industriales, sus productos y el entorno.
Frosch (1992)	La Ecología Industrial plantea una analogía directa de los sistemas industriales con los sistemas naturales, atendiendo al comportamiento y atributos que ambos comparten en distintas escalas. Esta comparación permite entender la red de procesos y proponer usos responsables de los recursos renovables y no renovables.
White (1994)	Estudio de los flujos de materia y energía en las actividades industriales, de los efectos de esos flujos sobre el medio ambiente y de las influencias de actores económicos, políticos, reglamentarios y sociales sobre el flujo, utilización y transformación de recursos.
Frosch, RA (1996)	Los materiales de desecho anteriores, en lugar de ser automáticamente enviados para su eliminación, debe considerarse como materias primas-fuentes útiles de materiales y energía para otros procesos y productos. La idea general es considerar cómo el sistema industrial puede evolucionar en la dirección de una red de alimentación interconectados, análogo al sistema natural, por lo que la minimización de los residuos se convierte en una propiedad del sistema industrial, incluso cuando no está completamente una propiedad de un proceso individual, planta, o de la industria.
Seoáñez Calvo (1998)	Consigue que el consumo de materias primas y energías se reduzca a unos valores tales que la biosfera pueda reemplazarlos, y que las emisiones de residuos se reduzcan hasta unos valores tales que la biosfera pueda asimilarlos. Entiende al sistema industrial como un ecosistema, en el que se intercambian flujos de materia, energía e información con el mismo y con su entorno. Su objetivo es estudiar estos flujos y reestructurar el sistema industrial para que se mantenga en equilibrio con la biosfera por sí mismo.
Martínez-Alier y Roca (2000)	La ecología industrial, se refiere al análisis del "sistema industrial desde el punto de vista de la circulación de materiales, energía e información, para evaluar la posibilidad de desarrollar nuevas estrategias ambientales, que permitan la interrelación entre las diferentes empresas" y agentes del sistema económico.
Erkman (2003)	La EI es vista como un área de conocimiento que busca que los sistemas industriales tengan un comportamiento similar al de los ecosistemas naturales, transformando el modelo lineal de los sistemas productivos en un modelo cíclico, impulsando las interacciones entre economía, ambiente y sociedad e incrementando la eficiencia de los procesos industriales.
Ramírez Judías y Galán Ortiz (2002)	Una ciencia nueva que persigue mejorar el conocimiento y las decisiones en las distintas industrias sobre el uso de materiales, reducción de los desechos producidos y prevención de la contaminación.
Rosemberg (2006)	La ecología industrial pretende que los actuales sistemas industriales se organicen de manera más equilibrada, tratando de copiar lo más

## Anexos

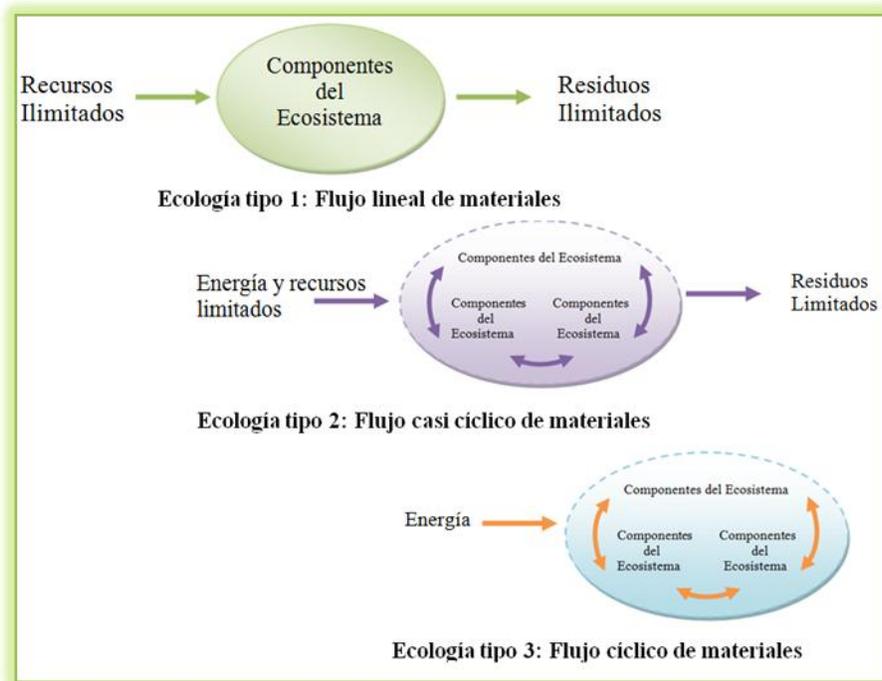
---

	<p>posible a la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales. No sólo apunta hacia los temas de contaminación y medio ambiente sino que le da igual importancia a las tecnologías, la economía de los procesos y la interrelación entre los negocios, financiación y política gubernamental, por lo cual no sólo es una opción efectiva para la protección del medio ambiente, sino también para optimizar el uso de los recursos naturales no renovables.</p>
Cervantes Torre-Marín (2007)	<p>Área interdisciplinaria que intenta asimilar el funcionamiento de los ecosistemas industriales al de los naturales, con una interrelación entre industrias, el medio social y natural que tiende a cerrar el ciclo de materia.</p>
Cervantes Torre-Marín (2010)	<p>Se puede decir que la Ecología Industrial es una “visión interdisciplinaria que intenta asimilar el funcionamiento de los ecosistemas industriales al de los naturales, con una interrelación entre industrias, el medio social y natural que tienda a cerrar el ciclo de materia y a hacer eficientes los procesos internos.”.</p>
Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental	<p>Un sistema donde se optimiza el consumo de energía y de materiales, se minimiza la generación de desagües y se favorece la reutilización de residuos de un proceso como materia prima para otros procesos.</p>
ISIE (2011)	<p>Disciplina que se va ampliando y redefiniendo desde su creación e incluye aspectos como: la responsabilidad social corporativa, el consumo responsable, la producción, construcción y transporte sostenible, el metabolismo regional y urbano, la economía ambiental y ecológica, etc.</p>

**Anexo 2:** Ecosistemas naturales y Modelo de un Sistema de Ecología Industrial. **Fuente:** Modificado de Morales (2011).



**Figura 1:** Ecosistemas naturales. **Fuente:** Modificado de Morales (2011).



**Figura 2:** Tipología de ecosistemas. **Fuente:** Modificado de Morales (2011).

### Anexo 3: Definiciones de Metabolismo industrial. Fuente: Elaboración Propia.

Autor	Definición
Ayres (1989)	Proceso en el que la producción industrial es sostenible a largo plazo, donde todos los materiales son reciclados dentro del sistema y la dependencia de energía y de recursos externos no renovables se sitúa en niveles mínimos
White (1994)	Estudio de los flujos de materia y energía en las actividades industriales, de los efectos de esos flujos sobre el medio ambiente y de las influencias de factores económicos, políticos, reglamentarios y sociales sobre el flujo, utilización y transformación de recursos.
Ayres (1994)	Estudia la colección integrada de procesos físicos que convierten materias primas y energía más trabajo, en productos terminados y residuos.
Seoáñez (1998)	El ecosistema es un conjunto de sistemas complejos e interacciones entre las diferentes especies y entre éstas y su medio. Estas especies consumen constantemente materiales, energía y por lo tanto, generan desechos, a este proceso que se denomina metabolismo.

### Anexo 4: Definiciones de Simbiosis industrial. Fuente: Elaboración Propia.

Autor	Definición
Considine (1998)	Se refiere al intercambio de materiales y/o de energía entre diferentes firmas individuales
Chertow (2000)	Fusiona industrias tradicionalmente separadas en un enfoque colectivo para obtener ventajas competitivas incluyendo intercambio físico de materiales, energía, agua y/o sub-productos.
Ayres (2001)	Se refiere al flujo de residuos de una industria que se incorpora a otra convirtiéndose en materia prima para la segunda, con lo que se busca cerrar el ciclo de materia.
Ehrenfeld (2005)	Concepto en el que las industrias de una región colaboran para utilizar los sub-productos de otras compañías o de otra forma compartir recursos.
Rosemberg (2006)	También llamada sinergia de subproductos, a diferencia de las actividades comunes de prevención de la contaminación que están enfocadas en reducir, reutilizar y reciclar materiales dentro de un proceso, va más allá del límite entre los diferentes procesos.
Cervantes, Torre-Marín, et al. (2009)	Intercambio de materiales entre varios sistemas productivos de manera que el residuo de uno es materia prima para otros y su implantación promueve una red de empresas.
Cervantes (2011)	Método que promueve el establecimiento de sinergias entre industrias de manera que se produce una interrelación beneficiosa para las industrias involucradas.

**Anexo 5:** Principios de la Simbiosis Industrial. **Fuente:** Elaboración propia a partir del Manual para autogestión medioambiental en industrias y asentamientos industriales.



**Anexo 6:** Concepciones básicas, principales objetivos y estrategias de los enfoques teóricos de la Ecología Industrial. **Fuente:** Modificado de Alvarado (2009).

Enfoques de la Ecología Industrial	Concepción básica	Objetivo	Estrategia
Analogía a los sistemas naturales	A partir de las similitudes del sistema industrial con los sistemas naturales es posible reorganizar el sistema industrial de tal manera que evolucione hacia un modelo de funcionamiento que sea soportable en el largo plazo.	Estimular la evolución del sistema industrial de modo que imite algunas de las características con los sistemas naturales. El objetivo es llegar al equilibrio dinámico y de alto grado de interrelación e integración como los existentes en la naturaleza.	Generar procesos sistémicos a partir de la complementariedad entre empresas, mediante la transferencia de los diferentes desechos evitando que estos representen un problema para el medio ambiente. Esto implica que los desechos se conviertan en recursos del mismo o cualquier sistema productivo.
Proceso de desmaterialización	Es posible la absoluta o relativa reducción en el uso de materiales (y/o energía) y/o la reducción en la generación de desechos dentro de toda la cadena productiva.	Se basa en la productividad de la empresa. Ello implica hacer más con lo mismo (más productos con una cantidad de insumos dada) y en un mejor escenario se busca hacer más con menos (reducir el flujo de materia circulante en términos absolutos).	Redefinir procesos y productos en base a su ciclo de vida y sus impactos al ambiente. La estrategia se basa en el impulso a la innovación tecnológica y/o procesos que impulsen la generación de productos funcionalmente superiores y con un menor requerimiento de insumos materiales y/o energéticos.
Metabolismo industrial	La economía puede ser analizada en términos de sus flujos de energía y materiales, centrándose desde la extracción, producción, consumo y hasta disipación. Es posible crear ciclos cerrados de energía y materiales a lo largo de la cadena productiva (desde la cuna hasta la tumba).	Que la industria genere su propio ciclo metabólico cerrado y que los residuos generados sólo tengan dos vías principales de reciclaje, ir a parar al ecosistema natural, como el resto de residuos de la naturaleza (residuos no peligrosos), o ir a parar al sistema metabólico industrial de nuevo, como nuevos insumos materiales o	Crear un flujo total cíclico de los materiales y energía que atraviese el sistema industrial desde su extracción hasta su inevitable reintegración a los ciclos biogeoquímicos de los elementos naturales. Lo importante es que los materiales y la energía circulen indefinidamente en los procesos industriales o que sean depositados en el

## Anexos

		energéticos (bajo este enfoque no existe la posibilidad de pérdidas).	medio ambiente para su regeneración, o depositados en el medio ambiente sin causar daño a los ecosistemas.
Simbiosis industrial	Intercambio de materiales y/o de energía entre diferentes firmas individuales.	Reducir la generación de residuos mediante la utilización de materiales y energía que permita al sistema cerrar los ciclos en el proceso de fabricación	Considerar los desechos de una empresa o proceso productivo como recursos dentro del mismo sistema productivo de la empresa, o bien, para procesos productivos de alguna otra empresa, permitiendo que en toda etapa los desechos sean considerados recursos.
Gestión Ambiental Corporativa	Integración de modelos de gestión ambiental al interior de una empresa o un corporativo.	Buscar ventajas competitivas a partir de la identificación de oportunidades de negocio como las que puede ofrecer la imagen de empresa limpia.	Poner en marcha programas o políticas ambientales como el análisis o estudios de ciclo de vida de sus productos e incorporar acciones de re-uso o reciclaje, además de la introducción de tecnologías limpias.

**Anexo 7:** Aportes de la ecología industrial a las zonas de actividades, las empresas y las comunidades. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Cervantes Torre-Marín, Sosa Granados, R., Rodríguez Herrera, G., & Robles Martínez, F. (2009).

<b>Zonas de actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>♻️ La mejora de la ecoeficacia de las empresas de estas zonas gracias a la cooperación organizativa.</li><li>♻️ La rehabilitación de la zona de actividades para convertirlas en parques eco-industriales.</li><li>♻️ Difundir una cultura “colectiva” para la gestión de los flujos de materias, energía y agua.</li><li>♻️ Reforzar la capacidad de atracción de la zona de actividades.</li></ul>
<b>Empresas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>♻️ La realización de economías de escala gracias a la reducción de los costes de transporte y de tratamiento de los residuos y la generación de nuevos ingresos a través de la venta de subproductos.</li><li>♻️ La mejora de la competitividad gracias a un valor añadido medioambiental y al ahorro de materias primas y energía.</li><li>♻️ La mejora de la imagen de la empresa por los proveedores y los clientes.</li><li>♻️ La adopción de una estrategia proactiva y/o de diferenciación.</li></ul>
<b>Comunidades</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>♻️ Asociar a los actores económicos a un proceso de desarrollo sostenible.</li><li>♻️ Reforzar el sector local del medio ambiente (redes eco-industriales, etc.).</li><li>♻️ Reducir la contaminación local y las molestias (beneficios en términos de salud pública).</li><li>♻️ Relanzar una dinámica industrial en un territorio que está en descenso.</li><li>♻️ Mejorar la imagen y reforzar el atractivo del territorio.</li><li>♻️ Una gestión concertada de las cuestiones medioambientales, de sanidad pública.</li><li>♻️ Relocalizar actividades próximas a los recursos primarios o secundarios nuevamente identificados.</li><li>♻️ Luchar contra las deslocalizaciones.</li><li>♻️ Responsabilizar al personal y reforzar su implicación mediante la adhesión al proceso.</li></ul>

**Anexo 8:** Herramientas de la Ecología Industrial. **Fuente:** Elaboración propia a partir de un colectivo de autores.

### **Análisis de Ciclo de Vida (ACV)**

El análisis del ciclo de vida fue originalmente desarrollado en la década del 70 a raíz de la crisis energética. Inicialmente, se limitó a simples balances de materia y energía a lo largo del proceso de generación y consumo energético, con vistas a identificar oportunidades de ahorro de energía a través de la cadena de producción y consumo. Dada la estrecha relación existente entre el consumo energético, el consumo de recursos materiales y las emisiones de residuos, no fue difícil evolucionar hacia el ACV tal como se le conoce en la actualidad (Zaror Zaror, Claudio Alfredo, 2000).

El ACV es una herramienta de gestión ambiental que evalúa de modo sistemático los aspectos ambientales y los impactos ambientales potenciales de un producto a través de su ciclo de vida, desde la adquisición de la materia prima, su producción, uso, tratamiento final, reciclado y disposición final (Curbelo Martínez, Maidelis, Curbelo Martínez, Dainelis, & González Álvarez, Roxana, 2012).

A su vez, la norma ISO 14040 se refiere al Análisis de Ciclo de Vida como una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”.

La estructura del ACV se representa como una casa con cuatro habitaciones principales, que estarían representadas por las normas ISO 14 040, ISO 14 041, ISO 14 042 e ISO 14 043. La metodología considera una serie de fases de trabajo interrelacionadas, que siguen una secuencia más o menos definida. De acuerdo con la norma cubana (NC) ISO 14040, el ACV consta de cuatro fases la definición de objetivo y alcance, el análisis del inventario, la evaluación del impacto y por último la interpretación de los resultados.

### **Producción más Limpia (P+L)**

La Producción Más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, a los procesos productivos, a los productos y a los servicios para incrementar la eficiencia y reducir riesgos para los seres humanos y el ambiente. La Producción Más Limpia puede ser aplicada a los procesos empleados en cualquier industria, a los productos mismos

y a los diferentes servicios prestados a la sociedad (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

En los últimos diez años, las Producciones más Limpias han llevado a un cambio del paradigma en la gestión medioambiental al nivel de industrias, negocios e instituciones financieras, así como en los gobiernos locales y comunidades. Sin embargo ha habido varias barreras, a la promoción y adopción de Producciones más Limpias como son la resistencia al cambio; falta de información, especialización y entrenamiento adecuado; falta de comunicación dentro de las empresas; la dificultad en acceder a tecnologías más limpias; sistemas de contabilidad que no captan costos medioambientales y beneficios; el fracaso de los enfoques reguladores existentes.

### **Balance de masa y energía**

El diagrama de flujo es el punto de partida para efectuar un balance de masa. Una vez que se lo ha elaborado, deben cuantificarse, lo más exactamente posible, las entradas y las salidas, así como, de ser posible, los costos asociados a éstas. Dependiendo de la complejidad de los procesos y de la información disponible, es muy probable que se requiera investigar ciertos procesos en profundidad.

A continuación, se explica la forma de cuantificar los flujos de entrada y salida, y la forma en que deben igualarse para un correcto balance de masa:

#### Bases para identificar y cuantificar entradas y salidas

Todos los insumos que entran a un proceso u operación, salen como productos y como residuos/desechos. En este sentido, un balance de masa se define como la verificación de la igualdad cuantitativa de masas que debe existir entre los insumos de entrada y los productos y residuos de salida (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

El balance de masa es aplicable tanto a un proceso, como a cada una de las operaciones unitarias que componen un proceso. A menudo, no es posible identificar todas las salidas, por lo que se incluye una diferencia de masas “no identificada”.

En un balance de masa, la suma de todas las masas que entran en un proceso u operación, debe ser igual a la suma de todas las masas que salen de dicho proceso u operación, es decir, la suma de masas de los productos, residuos y de todos los materiales de salida no identificados (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

Los materiales de salida no identificados, generalmente, se atribuyen a pérdidas de insumos y productos por derrames, fugas y otras causas similares, cuyo origen no pudo ser detectado y, por ende, sus masas no pudieron ser cuantificadas.

Si bien el balance de masa incluye al agua, es conveniente realizar un balance específico sólo para agua, a fin de mostrar detalles que normalmente no deben incluirse en un balance global. Por su parte, el balance de energía, no se incluye en el balance de masa, por lo que se lo realiza en forma separada.

Para hacer el balance de masa se requiere de toda la información asociada al manejo de los datos de entradas y salidas, incluyendo parámetros de operación, así como de información existente a nivel de la administración (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

### Cuantificación de las entradas

- Cuantificación de la entrada de insumos

Entre los insumos que ingresan a un proceso u operación unitaria, además de materias primas, se puede incluir materiales reciclados, productos químicos, agua, aire y otros, que deben ser cuantificados. Para evaluar el consumo de cada los insumos debe examinarse todos los registros existentes.

La determinación cuantitativa de las entradas netas de insumos al proceso o a las operaciones unitarias, requiere del control de las pérdidas previas en almacenamiento, por transferencia y manipuleo (incluye pérdidas por evaporación, fugas, goteos de tanques), además puede tener como base un registro global de compras de insumos y pérdidas (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

Una vez que se tenga un control de las entradas netas de los insumos al proceso y a cada operación unitaria, se debe determinar el consumo específico de cada insumo; es decir, es la cantidad total de un insumo utilizado por unidad de producto producido. Es importante que se utilice una misma unidad de referencia para todos los insumos. Si no se dispone de información sobre los consumos específicos, se debe adoptar medidas para poder determinarla. Las mediciones deben hacerse durante un intervalo de tiempo apropiado, para que las cifras sean confiables y puedan extrapolarse en el tiempo, con el fin de computar valores mensuales o anuales (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

En varias operaciones unitarias, el agua constituye tanto materia prima como un medio de enfriamiento, lavado de gases, lavado en general, enjuagues de producto, limpieza a vapor y

otros. Adicionalmente, el agua se emplea para consumo doméstico. Los consumos específicos de todos estos usos deben también cuantificarse como parte de las entradas.

- Registro del consumo de agua

Como ya se mencionó, el agua es un insumo que se usa como materia prima y para diversos fines. El uso del agua en el lavado, enjuague, limpieza, consumo doméstico y otros, normalmente representa una buena oportunidad para optimizar el consumo específico, mediante prácticas y medidas sencillas que, en la mayoría de los casos, conllevan ahorros económicos significativos (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

Cuando no se cuenta con medidores de agua, la elaboración del balance de masa exige idear algún método para estimar tanto su consumo global en el proceso, como en cada operación unitaria. Dicho método puede basarse en la evaluación o en un estimado de la cantidad de agua suministrada por las fuentes de suministro en uso, aprovechando algunas de sus características.

### Cuantificación de las salidas

La cuantificación de las masas correspondiente a todas las salidas del proceso y de cada una de las operaciones unitarias, requieren del registro detallado de las cantidades del producto principal, los subproductos, los residuos reutilizables o reciclables, las aguas residuales, los efluentes gaseosos y los desechos sólidos que necesitan ser almacenados y/o enviados fuera de la planta para su disposición final (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

La cuantificación de la cantidad del producto principal es un factor clave en la eficiencia del proceso o de la operación unitaria. Se debe cuantificar, para cada operación unitaria, los productos intermedios que, en la operación actual, constituyen salidas y, en la operación unitaria siguiente, constituyen entradas.

- Cuantificación de aguas residuales

Los materiales contenidos en las aguas residuales representan, directa o indirectamente, una pérdida de insumos y, además, implican un costo de tratamiento. Los flujos de cada operación unitaria, así como los flujos del proceso global, requieren ser cuantificados, muestreados y analizados (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

- Cuantificación de efluentes gaseosos

Para elaborar un balance de masa que sea lo más exacto posible, se requiere, también, cuantificar los efluentes gaseosos asociados al proceso o a cada operación unitaria.

Los efluentes gaseosos no siempre son identificables y, por lo tanto, puede ser muy difícil medirlos. Cuando no es posible cuantificarlos, se los puede estimar en base a relaciones estequiométricas, a ecuaciones de gases o a otras relaciones. Se puede calcular la cantidad de gases producida a partir de la cantidad de insumos usados y de acuerdo a las reacciones químicas involucradas (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

- Cuantificación de residuos sólidos o semisólidos

Muchos procesos producen residuos que no pueden ser tratados en la planta, por lo que se necesita transportarlos a otras instalaciones para su tratamiento y/o disposición final. Los residuos pueden ser sólidos o semisólidos (lodos). Pueden ser peligrosos o no-peligrosos.

El balance de energía o balance energético es la cuantificación de las existencias y los flujos de energía. En una empresa cualquiera, el balance energético, expresado en unidades físicas, permite seguir los flujos energéticos en un proceso, controlarlos y compararlos con referencias, y así, optimizarlos. Este concepto está basado, por una parte, en el Primer Principio de la Termodinámica (conservación de la energía); y, por otra, en el hecho de que en el análisis energético del proceso de fabricación de un producto, pueden considerarse las consecuencias del Segundo Principio de la Termodinámica. Esto significa que se puede calcular la energía mínima teórica necesaria para obtener ese producto. Este mínimo teórico necesario puede servir de referencia comparativa con los consumos reales industriales y, así, poder fijar metas para una mejora de los procesos desde el punto de vista energético. Está demás recalcar que el mínimo teórico es sólo una referencia, no así una meta a alcanzar (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005).

### **Ecoeficiencia**

Una de las maneras en que se plantea el proceso de avance de los países hacia un desarrollo sostenible en la industria, es adoptar un enfoque de sus procesos ecoeficientes. La ecoeficiencia se apoya en dos pilares: reducir la sobre explotación de los recursos naturales y disminuir la contaminación asociada a los procesos productivos. Pero apunta aún más allá, busca un incremento de la productividad de los recursos naturales, así como a reducir los impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos.

Una definición de ecoeficiencia es la siguiente: “Proporcionar bienes y servicios a un precio competitivo, que satisfaga las necesidades humanas y la calidad de vida, al tiempo que reduzca progresivamente el impacto ambiental y la intensidad de la utilización de recursos a lo largo del ciclo de vida, hasta un nivel compatible con la capacidad de carga estimada del planeta” (*World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*).

Este concepto significa añadir cada vez más valor a los productos y servicios, consumiendo menos materias primas, generando cada vez menos contaminación a través de procedimientos ecológica y económicamente eficientes y previniendo los riesgos.

Para la empresa la ecoeficiencia es “producir más con menos”. Una gestión ecoeficiente de los procesos de producción o de los servicios de una empresa aumenta la competitividad de esta empresa ya que (Cristina, 2000):

-  Reduce el desperdicio de los recursos mediante la mejora continua.
-  Reduce el volumen y toxicidad de los residuos generados.
-  Reduce el consumo de energía y las emisiones contaminantes.
-  Se reducen los riesgos de incumplimiento de las leyes y se favorecen las relaciones con la administración competente.

### **Indicadores de Desarrollo Sostenible (DS)**

Para conocer en qué grado de avance respecto al desarrollo sostenible se encuentran los ecosistemas industriales es necesario cuantificar y poder medir este avance. Los sistemas de indicadores de Desarrollo Sostenible son una herramienta importante para poder medir este grado de avance. Existen muchos sistemas de indicadores de desarrollo sostenible creados por entidades internacionales y nacionales para ciudades, regiones y países (UN-CSD, 2010) (UPC, 2011), pero muy pocos para evaluar procesos o sistemas más reducidos.

El proyecto europeo MESVAL y el Grupo de Investigación en ecología industrial del IPN crearon un sistema de indicadores de desarrollo sostenible para evaluar la sostenibilidad global de un ecosistema industrial y también para comparar el grado de Desarrollo Sostenible de dos valorizaciones distintas de un mismo residuo.

El sistema de indicadores está construido en base a objetivos de desarrollo sostenible en las áreas social, económica y ambiental. Para el diseño de indicadores se determinan primero los objetivos de sostenibilidad, posteriormente los temas y finalmente los indicadores. De esta manera al calcular los indicadores para un ecosistema industrial se puede comprobar el

comportamiento de estos sistemas en cuanto a diferentes criterios y objetivos del desarrollo sostenible (Cervantes Torre-Marín, Gemma, 2011).

Los indicadores de sostenibilidad proporcionan señales para medir el progreso hacia objetivos que contribuyen conjuntamente al bienestar humano y al bienestar de los ecosistemas. La unión de Indicadores ambientales, Indicadores económicos e Indicadores sociales representan indicadores de desarrollo sostenible y la intersección de ellos son indicadores de sostenibilidad.

### Huella ecológica

La Huella Ecológica es un método de medición que analiza las demandas de la humanidad sobre la biosfera, comparando la demanda humana con la capacidad regenerativa del planeta. Esto se realiza considerando conjuntamente el área requerida para proporcionar los recursos renovables que la gente utiliza, la ocupada por infraestructuras y la necesaria para absorber los desechos. El CO<sub>2</sub> es el único producto residual actualmente incluido. Puesto que la gente consume recursos en todas partes del mundo, la Huella Ecológica del consumo, la medida que se refleja aquí, añade todas estas áreas sin considerar en qué parte del planeta están localizadas (WWF Internacional, Sociedad Zoológica de Londres (ZSL), & Red de la Huella Global (GFN), 2010).

Para determinar si la demanda humana de recursos renovables y la absorción de CO<sub>2</sub> se pueden mantener, la Huella Ecológica es comparada con la capacidad regenerativa del planeta o biocapacidad, la capacidad regenerativa total disponible para cubrir la demanda representada por la Huella. Tanto la Huella Ecológica (que representa la demanda de recursos) como la biocapacidad (que representa la disponibilidad de recursos) se expresan en unidades denominadas hectáreas globales (hag), siendo 1 hag la capacidad productiva de 1 hectárea de tierra de producción media mundial (WWF Internacional et al., 2010).

### Huella Hídrica

La idea de considerar el uso del agua a lo largo de las cadenas de suministro ha cobrado interés después de la introducción del concepto de “huella hídrica” por Hoekstra en 2002. La huella hídrica es un indicador de uso de agua dulce que es palpable no sólo en el uso de agua directo de un consumidor o productor, sino también en su uso indirecto. La huella hídrica puede ser considerada como un indicador global de apropiación de los recursos de agua dulce, por encima de la medida tradicional y restringida de la extracción de agua (Hoekstra et al. 2010).

## Anexos

---

La huella hídrica de un producto es el volumen de agua utilizada para producir el producto, medidos a lo largo de la cadena de suministro. Es un indicador multidimensional, que muestra los volúmenes de consumo de agua por fuentes y volúmenes de contaminación por cada tipo de contaminación, y cuyos componentes de huella hídrica total pueden ser especificados geográfica y temporalmente.

La huella hídrica azul se refiere al consumo de los recursos de agua azul (agua superficial y subterránea) a lo largo de la cadena de suministro de un producto. “El consumo” se refiere a la pérdida de agua de la masa de agua disponible del suelo de la superficie en un área de captación. Las pérdidas se producen cuando el agua se evapora, vuelve a otra zona de captación o al mar o se incorporan al producto. La huella hídrica verde se refiere al consumo de los recursos de agua verde (agua de lluvia en la medida en que no se pierde por filtro o río abajo). La huella hídrica gris se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes más allá de las concentraciones naturales del lugar y la calidad del agua (Hoekstra et al. 2010).

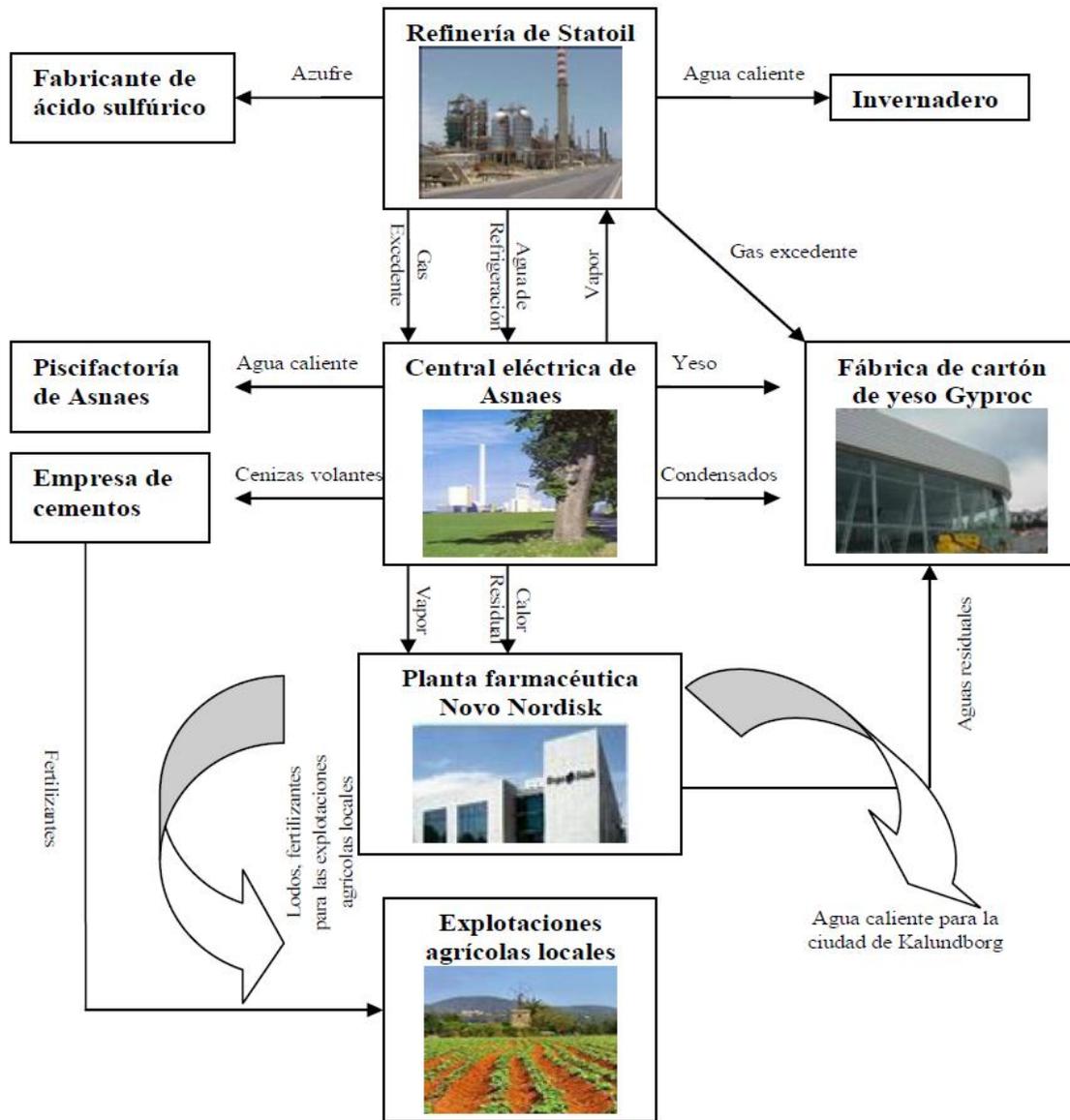
## Anexos

---

**Anexo 9:** Principales empresas que formaron parte de la simbiosis industrial surgida en Kalundborg. **Fuente:** Elaboración propia.

Empresa	Características
Asnaes	Establecida en 1959, es la mayor central eléctrica de Dinamarca alimentada por carbón, con una capacidad de 1500 Megavatios, emplea aproximadamente 600 personas. Es el principal agente de la simbiosis.
Statoil	Establecida en 1961, es la mayor refinería de petróleo de Dinamarca, con una capacidad de 3.2 millones de toneladas procesadas/año, cuenta con 250 empleados.
Gyproc	Empresa manufacturera de placas de yeso para la construcción (Gypsum), tiene una producción anual de 14 millones de m <sup>2</sup> , se establece en 1972 y emplea a 160 personas.
Novo Nordisk	Empresa multinacional de biotecnología que tiene ventas anuales de 2000 millones de dólares. La planta que posee en Kalundborg es la mayor de la empresa: elabora productos farmacéuticos (incluyendo el 40% de la oferta mundial de insulina) y enzimas industriales, se establece en 1976 y emplea 1400 personas.
Municipio de Kalundborg	Encargado de proveer calefacción a sus 20 000 residentes, así, como de suministrar agua tanto a los habitantes como a las empresas de la localidad. En 1981 el municipio completa una red de distribución de calefacción urbana en toda la ciudad de Kalundborg utilizando el calor residual de la central eléctrica.

Anexo 10: Interacciones en Kalundborg. Fuente: Alvarado (2009).



## Anexos

**Anexo 11:** Algunas experiencias de ecología industrial en Europa. **Fuente:** Alvarado (2009); Sterr (2001); Mackenzie Baris, Dion, Katharine, Chris, Nelson, y Zhang, Yujun, (2001) y Rosemberg (2006).

Proyecto	Descripción general
Pfafeengrund - Heidelberg, Alemania del sur Sterr (2001)	<p>El proyecto inicia en los primeros años de la década de los 90s, proyecto que tenía como objetivo iniciar un programa estratégico para la generación de una base estadística que recopilará los datos detallados de los residuos generados por cada empresa instalada en el parque, con el fin de conseguir una idea realista de las estrategias inter-industriales que promoviera el flujo de materiales entre las empresas y que permitiera la generación de un mercado de subproductos.</p> <p>La generación del catálogo de productos/desechos les permitió explorar nuevas oportunidades amuchas empresas principalmente pequeñas, atrayendo así, a más empresas. Gran parte de las sinergias potenciales no sólo han sido analizadas y desarrolladas al interior del parque sino que se han integrado tanto el municipio como los gobiernos locales.</p> <p>Así, la principal fortaleza que este parque industrial presenta es la generación de un mercado de subproductos, abriendo oportunidades de cooperación inter-industriales, en beneficio del medioambiente y aumentando sus beneficios económicos para las empresas participantes.</p>
Puerto de New Haven, Inglaterra Mackenzie, Baris et al. (2001)	<p>El proyecto intenta reactivar la economía de la región mediante la reducción de los costos en los procesos productivos, principalmente a parir del reciclaje de varios productos, el proyecto se basa principalmente en la reapertura de la central eléctrica Quinnipiac, la cual hasta antes de 1992 generaba energía eléctrica mediante la quema de combustibles fósiles (básicamente diesel y carbón), lo que provocaba que en el proceso, se disiparan los gases a la atmósfera (gases de efecto invernadero), pero lo que esta empresa hace actualmente es básicamente el mismo proceso, pero con la diferencia de que los gases que antes eran disipados ahora pueden ser utilizados para genera energía eléctrica, además de recolectar los gases y algunos otros desechos industriales (como aceite quemado) de las empresas vecinas mediante un sistema de tuberías.</p> <p>Además, en esta zona industrial se creó una planta recicladora de plástico, y aluminio. Y mediante diversos apoyos gubernamentales también se instaló la empresa Simkins, la cual se dedica a la fabricación de cajas de cartón, para diversas industrias. El cartón proviene sólo de papel reciclado; lo interesante de esta empresa es que aproximadamente el 75% de sus insumos provienen de reciclar su propio producto, generando un excelente sistema de recolección en la zona y zonas aledañas.</p>
Ora - Fredrikstad, Noruega Mackenzie, Baris et al., (2001)	<p>Este proyecto es una red industrial conformada por trece empresas de diferentes industrias como: la eléctrica, química, alimentos, construcción, pero una de las principales sin lugar a dudas es una empresa encargada del manejo de los desechos municipales e industriales. El desarrollo de este proyecto ha estado basado principalmente en la colaboración entre las diferentes industrias, el gobierno local/regional, centros de investigación y universidades, pero principalmente de las organizaciones sociales conformadas en el municipio con el principal fin de mejorar el medioambiente mediante el reciclaje de diferentes desechos.</p> <p>Entre las primeras acciones han sido la modernización del sistema tecnológico, que permita la minimización de la emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), así mismo la generación de energía eléctrica basada en los desechos municipales (mediante los gases generados por la basura). El proceso de aprendizaje se ha dado gracias a la creación de redes de colaboración de todas las entidades pudiendo impulsar programas de I+D con el fin de crear nuevos métodos de producción (métodos de producción sostenibles).</p>
Tarragona – España Rosemberg (2006)	<p>En la ciudad de Tarragona se encuentra el mayor parque petroquímico de España. Lo sorprendente de este caso fue que con el tiempo y a pesar de que las distintas empresas del parque son competidoras entre sí en determinados sectores, se produjo una gran diversidad de aprovechamiento de residuos. Éstos fueron muy necesarios para disminuir el impacto ambiental, reducir el consumo de recursos no renovables y reducir los costos</p>

## Anexos

---

	<p>de producción.</p> <p>Un elemento clave para el éxito de este caso se basó en la disminución de los costos de transporte, ya que a pesar de que las empresas se encontraban muy próximas unas con otras, existía un flujo incesante de camiones que llevaban los productos de unas hacia otras, por esta razón surgió la necesidad de crear un sistema que agilizara el proceso a un menor costo, de esta manera se instalaron tuberías entre la mayoría de las empresas del parque, permitiendo así un proceso simbiótico, con lo cual redujeron los costos del transporte notablemente, la disminución de desechos y mayores beneficios económicos.</p> <p>En este caso particular los materiales que se intercambian entre las empresas no son sólo residuos, sino en mayor medida, de productos. Tarragona pudo generar un proceso simbiótico entre las empresas (los productos de una dependen de los de la otra). El factor determinante para el éxito de esta simbiosis industrial es la proximidad física entre las empresas y el impulso que dieron las autoridades del municipio de Tarragona.</p>
Martorell - España Rosemberg (2006)	<p>Este complejo industrial, está compuesto principalmente por PYMES (pequeñas y medianas empresas), con imperiosas necesidades en materia de gestión de residuos y también de otros criterios de gestión ambiental cooperativa. El municipio de Martorell es el principal impulsor para lograr que las actividades económicas e industriales de este complejo se produzcan de una manera sostenible.</p> <p>Según los impulsores del proyecto, éste cuenta con varias oportunidades. Mediante la elaboración de un catálogo de productos/desechos fue posible generar algunas simbiosis, económicamente benéficas para los participantes. Los beneficios detectados se dan a diferentes niveles: en el territorial, en el ambiental (protección del entorno natural, al Parque Industrial), en el económico (dinamización del tejido industrial del parque de forma sostenible) y el social (circulación de flujos de información entre el municipio, sus ciudadanos y las PYMES del parque). Los principales impulsores son las autoridades del municipio y los dirigentes del parque industrial, con el fin de que este proyecto sirva como ejemplo para la creación de otros proyectos similares en el mundo.</p>

**Anexo 12:** Algunas experiencias de ecología industrial en América. **Fuente:** Alvarado (2009); Lambert, y Boons, (2001); Kellogg, Pfeister, Phillip-Neill, y Weuste, (1999); Andrews (2001) y Carrillo (2005).

Proyecto	Descripción general
<p>Burnside - Canada Lambert, y Boons (2001)</p>	<p>Este parque industrial se estableció en 1995, mediante la creación de políticas ambientales, que buscaban principalmente hacer posible la minimización de desechos peligrosos, el reciclaje y una producción industrial más limpia. Este parque es uno de los cinco más grandes en el país, y es uno de los siete operados por el estado de Nueva Escocia, de los 51 que se localizan en este estado, abarca un área de 1,200 hectáreas, de las cuales se encuentra en funcionamiento tres cuartas partes del área. En Canadá existen alrededor de 1000, parques industriales, de los cuales la mayoría, son responsabilidad de los gobiernos locales, así lo marca la constitución de este país y en este sentido, gira su política industrial.</p> <p>El parque industrial cumple tres funciones principales, la de fabricación, distribución y comercialización. Una parte del parque está asignada como un gran centro comercial donde se distribuyen principalmente los productos que las empresas del parque manufactura. Y como planes a futuro planea ser un centro turístico, dada la cercanía a atracciones naturales, y el parque mismo, por el momento existen ya dos hoteles al interior del parque. El parque industrial está conformado por más de 16 actividades manufactureras, como son productos alimenticios, materiales de construcción y productos de comunicación, sólo por mencionar algunos.</p> <p>Las empresas que conforman este parque industrial deben acatar las normas ambientales. Desde hace algunos años este parque industrial ha servido como un laboratorio eco-industrial para Canadá donde se han implementado estrategias de ecología industrial, en conjunto con la municipalidad.</p> <p>Las principales políticas implementadas en este parque industrial, es el de reciclaje de diferentes productos, principalmente: el cartón, algunos plásticos, aluminio, y la reutilización de desechos orgánicos mediante compostas para la generación de fertilizantes no químicos y evitar así los gases invernadero.</p>
<p>El triángulo verde de Boston y Massachusetts, Estados Unidos Kellogg, et al. (1999)</p>	<p>El triángulo verde, es un área con potencial sin explotar, que se enfrenta a varios problemas como: un alto desempleo y altos índices de delincuencia. En este sentido, el parque industrial podría convertirse en la piedra angular para la revitalización de la zona. Se espera que con este proyecto se refuerce la rentabilidad de las empresas ya instaladas en la zona e incentivar la entrada de nuevas empresas. El grupo impulsor de este proyecto busca encontrar objetivos y metas comunes en beneficio de la comunidad en general pero principalmente del medio ambiente, para esto el proyecto no sólo se enfoca al desarrollo del parque industrial sino además contempla la colaboración con otras instancias como el zoológico de la zona y mejorar las áreas de recreación con las que la comunidad cuenta.</p> <p>En general el proyecto desea crear una simbiosis, no sólo al interior del parque industrial sino del municipio en general (como es el caso de Kalundborg), con ello se busca involucrar a los residentes locales, así como al turismo haciendo un área limpia y divertida para las familias. El papel de las empresas es reducir sus desechos, para buscar que las empresas cooperen con el fin de reducir los riesgos al medio ambiente, cooperación que abarque todas las entidades como son: el parque industrial, los hospitales, el zoológico, los cementerios del área, y los agricultores. De esta manera, todos los desechos puedan ser al mismo tiempo insumos como por ejemplo el estiércol generado en el zoológico tiene dos funciones: como fertilizante y como generador de energía.</p>

## Anexos

Trenton - New Jersey, Estados Unidos Andrews (2001)	<p>Estratégicamente localizado a las orillas del Río Delaware, y a 55 millas de la Ciudad de New Jersey y 30 millas al norte de Filadelfia. Es durante los siglos XIII y XIX, que Trenton se constituye como un gran centro industrial, que en sus inicios contaba con una fundidora de acero y varias empresas de la alfarería, ya para 1920, tenía industrias mayores como: la industria de la automóvil, caucho, acero, y hierro.</p> <p>Pero una de las principales demandas que esta ciudad ha tenido y que se ha incrementado en la actualidad, es la del papel, demanda que proviene principalmente desde las oficinas de gobierno, pese a esto, la ciudad hasta hace algunos años no contaba con una fábrica de papel, por esto se impulsa como primer paso la creación de una empresa papelera que utilice papel reciclado, y tecnologías no contaminantes con esto se planea desarrollar en el largo plazo un ecosistema industrial, donde la industria papelera servirá como modelo a seguir hacia las demás industrias.</p>
Tampico - México Carrillo (2005)	<p>El Estado de Tamaulipas en México constituye una punto estratégico en el país por varias razones: geográficamente está ubicada en una zona donde interactúan diversos ecosistemas, lo que da una gran riqueza natural, fundamentalmente en el entorno marino; su ubicación al norte del país con frontera hacia los Estados Unidos de Norteamérica le da una posición estratégica que ha sido aprovechada para que en ese Estado se dé el mayor flujo de mercancías y se instale un gran número de maquiladoras; por último, la presencia de las grandes empresas exportadoras del país en la región de Altamira-Tampico imprime una dinámica especial al Estado.</p> <p>El tipo de actividad manufacturera que predomina, es la industria química y petroquímica, la cual presenta cierta ambivalencia debido a que se trata de empresas grandes que funcionan a la luz de políticas de gestión ambiental impulsadas desde los consorcios, pero al mismo tiempo se trata de empresas que por su propia naturaleza son muy contaminantes y hacen un uso intensivo de los recursos naturales no renovables.</p> <p>En esta región se encuentran establecidas 23 plantas industriales con una capacidad instalada de 2.6 millones de toneladas por año. Se exporta en promedio entre el 50% y 60% de la producción generada, comercializando con 55 países del mundo. La inversión en este sector de la zona supera los 4000 millones de dólares y genera más de 10,000 empleos, lo cual refleja la importancia económica de la actividad en la región.</p> <p>El principal factor para el éxito de este proyecto, el cual es un factor poco tangible pero muy importante para la generación de estas sinergias esta en, la comunicación y colaboración continua entre las compañías. En vez de trabajar aisladamente, trabajan ahora unidas en búsqueda de metas comunes.</p>
Martorell - España Rosemberg (2006)	<p>Este complejo industrial, está compuesto principalmente por PYMES (pequeñas y medianas empresas), con imperiosas necesidades en materia de gestión de residuos y también de otros criterios de gestión ambiental cooperativa. El municipio de Martorell es el principal impulsor para lograr que las actividades económicas e industriales de este complejo se produzcan de una manera sostenible.</p> <p>Según los impulsores del proyecto, éste cuenta con varias oportunidades. Mediante la elaboración de un catálogo de productos/desechos fue posible generar algunas simbiosis, económicamente benéficas para los participantes. Los beneficios detectados se dan a diferentes niveles: en el territorial, en el ambiental (protección del entorno natural, al Parque Industrial), en el económico (dinamización del tejido industrial del parque de forma sostenible) y el social (circulación de flujos de información entre el municipio, sus ciudadanos y las PYMES del parque). Los principales impulsores son las autoridades del municipio y los dirigentes del parque industrial, con el fin de que este proyecto sirva como ejemplo para la creación de otros proyectos similares en el mundo.</p>

**Anexo 13:** Método de expertos. **Fuente:** Modificado de Cortés e Iglesias (2005).

Este método consiste en la utilización sistemática del juicio intuitivo de un grupo de expertos para obtener un consenso de opinión (Cortés e Iglesias, 2005). A continuación se muestran los pasos que se aplican en el método de expertos:

1. **Concepción inicial del problema:** para esto se necesita esclarecer qué objetivo se persigue en el intercambio con los expertos.
2. **Cálculo del número de expertos:** se recomienda que el número de expertos varíe entre 7 y 15. La expresión que se utiliza para realizar el cálculo es:

Donde:

n: Número de expertos.

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

p: Proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos.

k: Constante que depende del nivel de significación estadística como se muestra en la Tabla 1.

i: Precisión del experimento.

**Tabla 1:** Valor de la constante k en dependencia del nivel de significación estadística.

1- $\alpha$ (%)	k
99	6.6564
95	3.8416
90	2.6896

3. **Selección de los expertos:** para seleccionar los expertos, de acuerdo al criterio de Cortés e Iglesias (2005), se debe:

 Elaborar una lista de candidatos que cumplen con los requisitos predeterminados de experiencia, conocimientos sobre el tema, composición por sexos, ocupación (puesto y cargo) y nivel de conocimiento de las variables objeto de estudio.

A continuación se describe algunos de estos criterios:

**Experiencia:** Este criterio se basa en los años de trabajo en la organización, conocimiento técnico y de la organización en sentido general.

**Composición por sexo:** El grupo debe estar integrado por ambos sexos (masculinos y femeninos).

**Nivel ocupacional:** Se debe seleccionar personas de diversas ramas, áreas de trabajo y niveles de dirección, buscando integridad de criterios.

## Anexos

---

Nivel de conocimiento de las variables de estudio: Los integrantes a seleccionar deben poseer cierto nivel de conocimiento.

🌐 Determinar el coeficiente de competencia de cada experto.

Este paso permite asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio. El coeficiente de competencia de los expertos, según exponen Cortés e Iglesias (2005), se calcula a partir de la aplicación del cuestionario general que se muestra posteriormente.

Una vez confeccionado el listado inicial de personas posibles de cumplir los requisitos para ser expertos en la materia a trabajar, se procede a realizar una valoración sobre el nivel de experiencia que poseen, evaluando de esta forma los niveles de conocimientos que poseen sobre la materia. Este cuestionario incluye una autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tienen sobre el tema en cuestión, así como una valoración de un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación.

### Nombre y Apellidos:

1- Autoevalúe en una escala de 0 a 10 sus conocimientos sobre el tema que se estudia.

**Tabla 1:** Autoevaluación del conocimiento de los expertos acerca del tema que se estudia.

**Fuente:** Cortés e Iglesias (2005).

Experto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_i$										

2- Marque con una X la influencia de cada una de las fuentes de argumentación siguientes:

**Tabla 2:** Influencia de las fuentes de argumentación. **Fuente:** Modificado de Curbelo Martínez (2010); Luis Pacheco (2012).

Fuentes de Argumentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis Teóricos realizados por usted			
Experiencia obtenida			
Trabajos de investigación consultados			
Trabajos de investigación realizados			
Conocimientos propios sobre el estado del tema			
Su intuición			

El resultado permite valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar.

## Anexos

Es necesario calcular los coeficientes  $K_c$  y  $K_a$ , donde:

$K_c$ : Coeficiente de Conocimiento: Se obtiene multiplicando la autovaloración del propio experto sobre sus conocimientos del tema en una escala del 0 al 10, por 0,1.

$$K_c = N \times 0.1 \quad \text{Donde:}$$

N: autovaloración del experto.

$K_a$ : Coeficiente de Argumentación: Es la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación con respecto a una tabla patrón, se emplea en esta investigación la **Tabla 3**.

$$K_a = \sum_{i=1}^j n_i = (n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i)$$

Donde:

$n_i$  : Valor correspondiente a la fuente de argumentación  $i$  ( $i=1$  hasta  $j$ )

**Tabla 3:** Tabla patrón para el cálculo de  $K_a$ . **Fuente:** Modificado de Curbelo Martínez (2010); Luis Pacheco (2012).

Fuentes de Argumentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis Teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de investigación consultados	0.05	0.04	0.03
Trabajos de investigación realizados	0.05	0.04	0.03
Conocimientos propios sobre el estado del tema	0.05	0.04	0.03
Su intuición	0.05	0.04	0.03

Dados los coeficientes  $K_c$  y  $K_a$  se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia  $K_{comp}$  siguiendo los criterios planteados en la **Tabla 4**.

Se utiliza la fórmula siguiente:  $K_{comp} = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$

**Tabla 4:** Tabla coeficiente de competencia del experto  $K_{comp}$ . **Fuente:** Curbelo Martínez, (2010).

Competencia del experto	Valor de $K_{comp}$
ALTA	$K_{comp} > 0.8$
MEDIA	$0.5 < K_{comp} \leq 0.8$
BAJA	$K_{comp} \leq 0.5$

- 4. Preparación de los cuestionarios o encuestas:** Se preparan las encuestas para hacerlas llegar a los expertos y someterlas a su criterio.
- 5. Procesamiento y análisis de la información:** En este paso se define si existe concordancia entre los expertos o no mediante una prueba de hipótesis donde:

## Anexos

$H_0$ : El juicio de los expertos no es consistente. (No comunidad de preferencia).

$H_1$ : El juicio de los expertos es consistente. (Comunidad de preferencia).

Para esta prueba se deben calcular en dependencia del valor de  $k$  (cantidad de criterios para la evaluación de los expertos) el coeficiente de Kendall ( $W$ ) o Friedman ( $S$ ), que no son más que coeficientes de regresión lineal que da el grado de correlación entre los expertos o la llamada concordancia. Las hipótesis planteadas pueden probarse:

🌐 Si  $k \geq 7$  utilizando el coeficiente de Kendall, el estadígrafo Chi- Cuadrado, que se calcula:

$$X_{\text{calculada}} \quad X_{\text{tabulada}}$$

Región Crítica:  $X^2_{\text{calculada}} \geq X^2_{\text{tabulada}}$

Chi – Cuadrado tabulado se localiza en la tabla estadística que se corresponde con tal distribución para  $(k-1)$  grados de libertad y un nivel de significación prefijada, generalmente,  $\alpha = 0,05$  ó  $\alpha = 0,01$ .

El índice  $W$ , se calcula de la siguiente forma (Nogueira Rivera, et al., 2004):

Donde:  $K$ : número de características  $m$ : número de expertos  
 $W = \frac{12 \sum_{j=1}^k \Delta_j^2}{m^2 k^3 - k}$   
 $W$ : Coeficiente de concordancia

Si  $W < 0.5$  No hay concordancia en el criterio de los expertos.  
Si  $W \geq 0.5$  Hay concordancia en el criterio de los expertos.

Las variables seleccionadas son aquellas que cumplen la condición:

$$\sum_{i=1}^m A_i < T$$

donde  $T$  se calcula de la siguiente forma:

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k A_i K$$

🌐 Si  $k \leq 7$  utilizando el coeficiente de Friedman, el estadígrafo S-Cuadrado, que se calcula:

$$S^2 = \Sigma D^2$$

Región Crítica:  $S^2_{\text{calculada}} > S^2_{\text{tabulada}}$

$S^2_{\text{tabulada}}$ : Se obtiene en la tabla de Friedman (para niveles de significación prefijada, generalmente al 1% y 5%).

## Anexos

---

**Anexo 14:** Lista de chequeo para el manejo de materiales. **Fuente:** Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2005); Castro Gómez y Vinueza Armas (2011).

**Lista de Chequeo 1** para trabajadores: Materias primas, auxiliares y materiales para la producción.

Objetivo: Utilización eficiente de las materias primas y evaluación del impacto ambiental.

Medidas a considerar	Pregunta	Si	No
Control del consumo de materias primas	¿Documenta Ud. por escrito el tipo, la cantidad, la calidad y el costo de las materias primas que se utilizan en la producción?		
Evitar pérdidas de materias primas	¿Conoce Ud. si se almacena en el lugar de producción solamente la cantidad de materia prima necesaria para un día o una carga?		
Evitar pérdidas por goteo o derrame	¿Se cierran firmemente las tapas o los grifos de los contenedores después de extraer material para evitar pérdidas?		
Evitar pérdidas de los productos terminados	¿Están almacenados en zonas diferentes las materias primas y los productos elaborados?		
Reparación de pérdidas en tuberías y equipos	¿Realiza Ud. regularmente un control óptico de todas las tuberías, canales y equipos para detectar pérdidas?		
Ejecución de planes de mantenimiento preventivo	¿Realiza la empresa mantenimiento preventivo a las máquinas y herramientas?		

**Anexo 15:** Metodología de Cálculo de la Huella Ecológica Corporativa. **Fuente:** Elaborado a partir de la Guía metodológica para el cálculo de la Huella Ecológica Corporativa, según Doménech (2006).

Cálculo de la Huella Ecológica		
Sub-Huella energética ( <b>Sub-huella Energía</b> )		
<p>La huella de energía, calculada como la cantidad de terreno forestal requerido para absorber las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles fósiles, cambios en los usos del suelo y procesos químicos, excepto la porción absorbida por los océanos, se calcula a través de la expresión:</p>		
<p><b>Sub-huella Energía</b> (ha/ unidad de producto)</p>	$\sum \frac{[(\frac{T_c}{P_b}) \times V_c] \times 4.1868 \times 10^{-6}}{F_c}$	Donde:
		Tc: Total de toneladas de combustible consumido en el periodo (t/año).
		Pb: Producción bruta del periodo (t/año).
		Fc: Factor de conversión de energía a hectáreas absorbidas de CO <sub>2</sub> (71Gj requieren 1ha productiva).
<p><b>Nota 1:</b> Utilizando mejores estimaciones del <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (IPCC) para la productividad forestal, la absorción de carbono y los factores de emisión de carbono, y asumiendo un tiempo de maduración forestal (ciclo de cosecha) de 40 años, se fijó la media de absorción de carbono en 1,42 t C/ha/año o 5,21 t CO<sub>2</sub>/ha/año. Parece una estimación prudente y adecuada, teniendo en cuenta que algunos estudios realizados por la Universidad de Vigo, con eucaliptos, arrojan una tasa de absorción de hasta 25 t CO<sub>2</sub>/ha/año (Oliveros, <i>et al.</i>, 2004).</p>		
<p><b>Nota 2:</b> Los combustibles líquidos tienen un factor de emisión de carbono de 20 tC/Tj, por lo que el ratio energía/hectáreas es de 71 Gj/ha/año (1,42/0,020= 71). Es decir, una hectárea de bosque puede secuestrar anualmente las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el consumo de 71 Gigajoules de combustible líquido. Cuando utilizamos el carbón como combustible, la productividad es de 55Gj/ha/año, ya que el carbón tiene un factor de emisión de carbono de 26 tC/Tj (1,42/0,026 = 54,6) y la del gas es de 93 Gj/ha/año, ya que su factor de emisiones de 15,3 tC/Tj (1,42/0,0153 = 92,8).</p>		
Sub-Huella de los insumos ( <b>Sub-huella Insumos</b> )		
<p>En esta sub-huella se tuvieron en cuenta la intensidad energética de los distintos insumos que tiene la producción de energía eléctrica a partir de las recomendaciones emitidas por Juan Luís Doménech Quesada de los insumos y servicios que aparecen al final de este anexo, quedando la expresión del cálculo de esta huella de la siguiente manera:</p>		
<p><b>Sub-huella Insumos</b> (ha/ unidad de producto)</p>	$\sum \frac{(C_{IX}) \times IE}{F_c}$	Donde:
		Cix: Consumo total del Insumo X para el

## Anexos

		período de la investigación (t/año).
		IE: Intensidad Energética del Insumo x según Doménech Quesada (Gj/ton).
	<b>Sub-Huella de superficie construida (Sub-huella Superficie Construida)</b>	
Esta huella se calcula a partir de la división del área total construida de la entidad entre la producción bruta generada en el período que se encuentra enmarcada la investigación. Su expresión quedaría de la siguiente manera:		
<b>Sub-huella Superficie Construida</b> (ha construidas/ unidad de producto)	$\frac{Sc}{Pb}$	Donde:
		Sc: Superficie total construida del área total de la entidad (ha).
	<b>Sub-Huella de superficie construida (Sub-huella Gastos Indirectos)</b>	
En los gastos indirectos se tiene en cuenta la energía y los insumos correspondientes a los servicios de mantenimiento, servicios de oficina y de mensajería y teléfono. Si no se conoce el porcentaje que representan los gastos indirectos del total de gastos realizados en la empresa, se toma el 10%, criterio respaldado por López Yanes, (2012).		

## Anexos

---

**Anexo 16:** Formulario para la identificación y caracterización de residuos. **Fuente:** Centro de Producción más Limpia de la Corporación de Investigación Tecnológica de Chile, INTEC (2000).

**No. Formulario:** RS-1

**Nombre:** Identificación y caracterización de Residuos Sólidos.

**Objetivo:** Identificar cada residuo sólido en cuanto al volumen generado y costos involucrados, así como los componentes de éstos que pueden generar un riesgo de contaminación posterior.

### Metodología

Por cada residuo sólido, indicar lo siguiente:

- (1) Nombre del Residuo: Escribir el nombre genérico del residuo sólido.
- (2) Etapa en que se genera: Indicar el nombre de la etapa en donde se genera cada residuo.
- (3) Componentes contaminantes: Escribir los elementos que componen este residuo que puedan restringir su vertido.
- (4) Tiempo de Almacenamiento: Indicar el tiempo de almacenamiento de este residuo, si éste se guarda por un tiempo en la empresa antes de deshacerse él o disponerlo.
- (5) Condiciones de almacenamiento:  
Marcar con una (x) en:  
Separado si el residuo es almacenado separado del resto de los residuos, o  
Mezclado si el residuo es almacenado junto con otros residuos. Además nombre los residuos con que más se mezcla en el almacenamiento.
- (6) Destino Actual: Indicar qué se hace con este residuo y cuál es su destino final.
- (7) Tratamiento Actual: Describir si existe un tratamiento actual a los residuos.
- (8) Cantidad Generada: Indicar la cantidad (aproximada) que se produce de este residuo anualmente. Indicar toneladas, o Kilogramos, o m<sup>3</sup>, etc.

**Nombre Formulario:** Caracterización de residuos sólidos

**Identificador Formulario:** RS-1

Nombre del Residuo (1)	
Etapa en que se genera (2)	
Componentes contaminantes (3)	
Tiempo de Almacenamiento (4)	
Condiciones de almacenamiento (5)	<input type="checkbox"/> Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	
Tratamiento actual (7)	
Cantidad Generada (8)	

## Anexos

---

**Anexo 16:** Formulario para la identificación y caracterización de residuos (Continuación).

**Fuente:** Centro de Producción más Limpia de la Corporación de Investigación Tecnológica de Chile, INTEC (2000).

**No. Formulario:** RL-2

**Nombre:** Identificación y caracterización de Residuos Líquidos.

**Objetivo:** Identificar cada residuo líquido en cuanto al volumen generado y costos involucrados, así como los componentes de éstos que pueden generar un riesgo de contaminación posterior.

### Metodología

Por cada residuo líquido, indicar lo siguiente:

- (1) Nombre del Residuo: Escribir el nombre genérico del residuo líquido.
- (2) Etapa en que se genera: Indicar el nombre de la etapa en donde se genera cada residuo.
- (3) Componentes contaminantes: Escribir los elementos que componen este residuo que puedan restringir su vertido.
- (4) Tiempo de Almacenamiento: Indicar el tiempo de almacenamiento de este residuo, si éste se guarda por un tiempo en la empresa antes de deshacerse él o disponerlo.
- (5) Condiciones de almacenamiento:  
Marcar con una (x) en:  
Separado si el residuo es almacenado separado del resto de los residuos, o  
Mezclado si el residuo es almacenado junto con otros residuos. Además nombre los residuos con que más se mezcla en el almacenamiento.
- (6) Destino Actual: Indicar qué se hace con este residuo y cuál es su destino final.
- (7) Tratamiento Actual: Describir si existe un tratamiento actual a los residuos.
- (8) Cantidad Generada: Indicar la cantidad (aproximada) que se produce de este residuo anualmente. Indicar m<sup>3</sup>, etc.

**Nombre Formulario:** Caracterización de residuos líquidos.

**Identificador Formulario:** RL-2

Nombre del Residuo (1)	
Etapa en que se genera (2)	
Componentes contaminantes (3)	
Tiempo de Almacenamiento (4)	
Condiciones de almacenamiento (5)	<input type="checkbox"/> Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	
Tratamiento actual (7)	
Cantidad Generada (8)	

## Anexos

---

**Anexo 16:** Formulario para la identificación y caracterización de residuos (Continuación).

**Fuente:** Centro de Producción más Limpia de la Corporación de Investigación Tecnológica de Chile, INTEC (2000).

**No. Formulario:** EA-3

**Nombre:** Identificación y caracterización de Emisiones atmosféricas.

**Objetivo:** Identificar cada emisión atmosférica en cuanto al volumen generado y costos involucrados, así como los componentes de éstos que pueden generar un riesgo de contaminación posterior.

### Metodología

Por cada emisión atmosférica, indicar lo siguiente:

- (1) Nombre del Residuo: Escribir el nombre genérico del residuo sólido.
- (2) Etapa en que se genera: Indicar el nombre de la etapa en donde se genera cada residuo.
- (3) Componentes contaminantes: Escribir los elementos que componen este residuo que puedan restringir su vertido.
- (4) Tiempo de Almacenamiento: Indicar el tiempo de almacenamiento de este residuo, si éste se guarda por un tiempo en la empresa antes de deshacerse él o disponerlo.
- (5) Condiciones de almacenamiento:  
Marcar con una (x) en:  
Separado si el residuo es almacenado separado del resto de los residuos, o  
Mezclado si el residuo es almacenado junto con otros residuos. Además nombre los residuos con que más se mezcla en el almacenamiento.
- (6) Destino Actual: Indicar qué se hace con este residuo y cuál es su destino final.
- (7) Tratamiento Actual: Describir si existe un tratamiento actual a los residuos.
- (8) Cantidad Generada: Indicar la cantidad (aproximada) que se produce de este residuo anualmente. Indicar toneladas, o Kilogramos, o m<sup>3</sup>, etc.

**Nombre Formulario:** Caracterización de emisiones atmosféricas

**Identificador Formulario:** EA-3

Nombre del Residuo (1)	
Etapa en que se genera (2)	
Componentes contaminantes (3)	
Tiempo de Almacenamiento (4)	
Condiciones de almacenamiento (5)	<input type="checkbox"/> Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	
Tratamiento actual (7)	
Cantidad Generada (8)	

## Anexos

**Anexo 17:** Lista de chequeo para el manejo integral de los residuos. **Fuente:** Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2005); Castro Gómez y Vinueza Armas (2011).

### Lista de Chequeo 2 para trabajadores: Residuos

Objetivo: Manejo integral de residuos: reducción, reutilización, reciclaje y disposición de residuos.

Medidas a considerar	Pregunta	Si	No
Control de la cantidad de residuos	¿Conoce Ud. las fuentes principales y los lugares de residuos en todo el proceso de producción?		
Sistema para la separación de residuos	¿Evita Ud. mezclar los diferentes flujos de residuos, ya que los residuos mezclados son probablemente más difíciles de tratar?		
Colocación de recipientes para la recolección de residuos	¿Dispone la empresa de medios o recipientes para almacenar los residuos?		
Señalizar los recipientes para recolectar los residuos	¿Están todos los recipientes para residuos uniformemente señalados de acuerdo al tipo de uso (utilizando indicaciones de color, señalamientos uniformes y símbolos)?		
Reutilización y/o reciclaje de residuos	¿Examinó si los residuos o los subproductos en las distintas fases del proceso de producción pueden ser reutilizados?		
	¿Se venden determinados residuos a empresas de reciclaje? (por ej.: papel, cartón, plástico, aluminio, vidrio, textiles, acero.)		
Creación de sinergias	¿Busca empresas o terceros interesadas en aprovechar los residuos derivados de las diferentes etapas?		
Disposición de residuos sin causar riesgo	¿Están habilitados, de acuerdo a las normas vigentes, los basureros/vertederos en que se depositan los residuos?		
	¿Tiene Ud. información sobre si los basureros/vertederos en los que se depositan sus residuos; son seguros y no causan daños ambientales?		
Análisis de las opciones para el tratamiento de residuos	¿Se considera en la empresa otras formas de tratamientos de residuos que el que se realiza actualmente en la Planta de Tratamiento de Residuales?		

## Anexos

---

**Anexo 18:** Encuesta a los expertos seleccionados para la validación cualitativa del Procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Luis Pacheco (2012).

Estimado (a) compañero (a):

Usted ha sido seleccionado en calidad de experto para colaborar con la investigación “Propuesta de procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial. Caso de estudio: Empresa de Productos Lácteos Escambray”.

En tal sentido se elabora esta encuesta, que tiene como objetivo validar cualitativamente el procedimiento propuesto en la presente investigación. Por ello se le pide que lea con detenimiento la información que se solicita y responda con total sinceridad. Responda el cuestionario atendiendo a las siguientes calificaciones:

**MR:** Muy relevante.

**BR:** Bastante relevante.

**R:** Relevante.

**PR:** Poco relevante.

**NR:** No relevante.

Alternativas	Categorías de evaluación				
	MR	BR	R	PR	NR
Existe coherencia entre las etapas que componen el procedimiento.					
Existe claridad en cuanto al modo de proceder en cada una de las etapas.					
El procedimiento es práctico y aplicable.					
La Gestión de la Ecología Industrial contribuye al uso de nuevas y mejores tecnologías de producción, nuevos o mejorados productos y acciones ambientales más eficientes.					
La implementación del procedimiento propuesto contribuye al cierre del ciclo de materia en las empresas.					
El procedimiento es aplicable a otras empresas, es generalizable.					

Muchas Gracias.

**Anexo 19: Método Delphi para la evaluación de alternativas. Fuente: Cortés (2005).**

- 🌐 Se tiene un grupo de N expertos ( $N \geq 11$ )
- 🌐 Se tiene un grupo de m alternativas o etapas.
- 🌐 Se establece un conjunto de k puntos de corte o categorías de evaluación del tipo de escala de Likert (Muy adecuado, Bastante adecuado, Adecuado, Poco adecuado, y No adecuado) o (Muy relevante, Bastante relevante, Relevante, Poco relevante, y No relevante)
- 🌐 Cada experto llena la tabla siguiente:

Alternativas	Categorías de evaluación			
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	.....	C <sub>k</sub>
A <sub>1</sub>	Evaluación dada por cada experto			
A <sub>2</sub>				
A <sub>m</sub>				

- 🌐 El facilitador construye la tabla de resultados totales de los N expertos:

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	.....	C <sub>k</sub>
A <sub>1</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>13</sub>	.....	T <sub>1k</sub>
A <sub>2</sub>	T <sub>21</sub>	T <sub>22</sub>	T <sub>23</sub>	.....	T <sub>2k</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A <sub>m</sub>	T <sub>m1</sub>	T <sub>m2</sub>	T <sub>m3</sub>	.....	T <sub>mk</sub>

- 🌐 Tratamiento estadístico

a) Construir la tabla de frecuencias acumuladas de T<sub>1</sub>.

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	.....	C <sub>k</sub>	Total
A <sub>1</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>13</sub>	.....	$\sum_{j=1}^k T_{1j}$	$\sum_{j=1}^k T_{1j} = T_1$
A <sub>2</sub>	T <sub>21</sub>	T <sub>22</sub>	T <sub>23</sub>	.....	$\sum_{j=1}^k T_{2j}$	$\sum_{j=1}^k T_{2j} = T_2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
A <sub>m</sub>	T <sub>m1</sub>	T <sub>m2</sub>	T <sub>m3</sub>	.....	$\sum_{j=1}^k T_{mj}$	T <sub>m</sub>

b) Construir la tabla de frecuencias acumuladas relativas.

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	.....	C <sub>k-1</sub>
A <sub>1</sub>	Definir cada elemento de la tabla anterior entre el número de expertos N			
A <sub>2</sub>				
A <sub>m</sub>				

$$A_1 \dots \dots \dots \frac{\sum_{k=1}^k T_{ik}}{N}$$

## Anexos

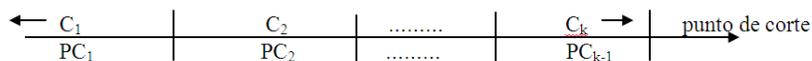
Se tienen  $k$  criterios y se van a encontrar  $k-1$  puntos de corte, por lo que la columna  $k$  no es necesaria.

c) Trabajo con la tabla de la distribución normal.

Trabajar con la tabla de la distribución normal, se busca en cada casilla de la anterior el valor  $z_i$  correspondiente a la distribución normal, obteniéndose la tabla siguiente.

	$C_1$	$C_2$	...	$C_{k-1}$	Suma	P promedio	Valor promedio de los expertos a cada N-P alternativo
$A_1$	$Z_{11}$	$Z_{12}$	...	$Z_{1k-1}$	$\sum_{j=1}^k Z_{1j}$	$\sum_{j=1}^k Z_{1j} / k - 1 = Z_1$	$\frac{Z_{..}}{m.K} - Z_1$
$A_2$	$Z_{21}$	$Z_{22}$	...	$Z_{2k-1}$	$\sum_{j=1}^k Z_{2j}$	$\sum_{j=1}^k Z_{2j} / k - 1 = Z_2$	$\frac{Z_{..}}{m.K} - Z_2$
...	...	...	...	...	...	...	...
$A_m$	$Z_{m1}$	$Z_{m2}$	...	$Z_{mk-1}$	$\sum_{j=1}^k Z_{mj}$	$\sum_{j=1}^k Z_{mj} / k - 1 = Z_m$	$\frac{Z_{..}}{m.K} - Z_m$
Puntos de corte	$\frac{\sum_{i=1}^m Z_{i1}}{m}$ $PC_1$	$\frac{\sum_{i=1}^m Z_{i2}}{m}$ $PC_2$	...	$\frac{\sum_{i=1}^m Z_{ik-1}}{m}$ $PC_{k-1}$	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{k-1} Z_{mj}$		$N = \frac{Z_{..}}{m.K}$

Los puntos de corte sirven para determinar la categoría o grado de adecuación de cada etapa del procedimiento según la opinión de los expertos. Los intervalos de confianza resultan:



La ubicación de los valores N-P de cada alternativa en el rayo numérico de los puntos de corte, ofrece el criterio que le otorga los expertos a cada una de las alternativas.

**Anexo 20:** Realización del Método de Método Delphi para la evaluación de alternativas.

**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación se muestran los pasos que se aplican en el método de expertos así como los resultados del mismo. Para el procesamiento de los datos obtenidos se utiliza el *software IBM SPSS Statistics* versión 19 y la hoja de cálculo en Microsoft Excel, la cual se realiza en base al Método Delphi para la evaluación de alternativas de (Cortés, Manuel, 2005).

Los pasos para aplicar el método son:

**1. Concepción inicial del problema:** se diseña un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial, del cual necesario conocer la pertinencia de la aplicabilidad.

**2. Selección de los expertos:** Para la selección de los expertos se debe determinar la cantidad (se recomienda que el número de expertos varíe entre 7 y 15).

Se calcula el número de expertos para llevar a cabo el desarrollo de este método:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

$$n = \frac{0,02(1-0,02)6,6564}{0,11^2}$$

$$n = 10,78 \approx 11 \text{ expertos}$$

Donde:

n: Número de expertos.

p: Proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos (0,02).

k: Constante que depende del nivel de significación estadística (6,6564).

i: Precisión del experimento (0,11).

La determinación del coeficiente es acorde al nivel de confianza escogido para el trabajo ( $\alpha=0.99$ ).

**3. Selección de los expertos:** Se realiza la selección de los candidatos de acuerdo a los criterios de competencia, creatividad, disposición a participar, experiencia profesional en el tema, capacidad de análisis, pensamiento lógico y espíritu de trabajo en equipo. Para ello se aplica un cuestionario que incluye una autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tienen sobre el tema en cuestión, así como una valoración de un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación.

### Listado de expertos:

1. MSc. Berlan Rodríguez (profesor auxiliar de la Universidad de Cienfuegos)
2. Mayrel Fuentes Díaz (Jefe Unidad de Gestión CITMA Cienfuegos)
3. María Araujo Feinton (Especialista Principal en Gestión Ambiental)
4. MSc. Jaime García Zamora (Especialista de Mantenimiento UEB Glucosa)
5. MSc. Martha B. Yanes García (Tecnólogo A. de Procesos UEB Glucosa)

## Anexos

6. MSc. Jenny Correa Soto (profesor asistente de la Universidad de Cienfuegos)
7. MSc. Mario Curbelo Hernández (profesor auxiliar de la Universidad de Cienfuegos)
8. MSc. Damayse Pérez Fernández (profesor auxiliar de la Universidad de Cienfuegos)
9. Dr. Eduardo J. López Bastida (profesor titular de la Universidad de Cienfuegos)
10. MSc. Henry Ricardo Cabrera (profesor auxiliar de la Universidad de Cienfuegos)
11. Ing. Leandro Rodríguez Monteagudo (Jefe de Producción Lácteos Escambray)

Los resultados de la aplicación del cuestionario y el cálculo del coeficiente de competencia se muestran en la **Tabla 1**.

**Tabla 1:** Cálculo del coeficiente de competencia de cada experto. **Fuente:** Elaboración propia.

Experto	Coeficiente de conocimiento ( $K_c$ )	Coeficiente de argumentación ( $K_a$ )	Coeficiente de competencia ( $K_{comp}$ )	Clasificación
1	1	$0.3+0.5+0.05+0.04+2(0.05)=0.99$	0.995	ALTA
2	0.8	$0.2+0.5+0.05+0.04+0.05+0.04=0.88$	0.84	ALTA
3	0.8	$0.2+0.5+0.05+0.04+2(0.05)=0.89$	0.845	ALTA
4	0.7	$0.2+0.5+0.05+3(0.04)=0.87$	0.785	MEDIA
5	0.9	$0.2+0.5+0.05+0.04+2(0.05)=0.89$	0.895	ALTA
6	0.9	$0.2+0.5+2(0.04)+2(0.05)=0.88$	0.89	ALTA
7	0.7	$0.2+0.2+4(0.04)=0.56$	0.63	MEDIA
8	0.9	$0.2+0.4+4(0.04)=0.76$	0.83	ALTA
9	1	$0.3+0.5+4(0.05)$	1	ALTA
10	0.9	$0.2+0.4+0.05+3(0.04)=0.77$	0.835	ALTA
11	0.7	$0.2+0.4+0.05+3(0.04)=0.77$	0.735	MEDIA

En este caso se cuenta con 11 expertos en el rango de clasificación entre alta y media, a los cuales se les aplica la encuesta para validar la pertinencia de la implementación del procedimiento propuesto.

## Anexos

### Procesamiento de las encuestas aplicadas a los expertos para la valoración de la pertinencia del procedimiento.

**Tabla 2:** Frecuencia Absoluta.

Alternativas	MR	BR	R	PR	NR	Total
Existe coherencia entre las etapas que componen el procedimiento.	7	4	0	0	0	11
Existe claridad en cuanto al modo de proceder en cada una de las etapas.	6	2	3	0	0	11
El procedimiento es práctico y aplicable.	8	3	0	0	0	11
La Gestión de la Ecología Industrial contribuye al uso de nuevas y mejores tecnologías de producción, nuevos o mejorados productos y acciones ambientales más eficientes.	5	5	0	1	0	11
La implementación del procedimiento propuesto contribuye al cierre del ciclo de materia en las empresas.	7	3	1	0	0	11
El procedimiento es aplicable a otras empresas, es generalizable.	6	4	1	0	0	11

**Tabla 3:** Frecuencias Absolutas Acumuladas.

Alternativas	MR	BR	R	PR	NR	Total
Existe coherencia entre las etapas que componen el procedimiento.	7	11	11	11	11	11
Existe claridad en cuanto al modo de proceder en cada una de las etapas.	6	8	11	11	11	11
El procedimiento es práctico y aplicable.	8	11	11	11	11	11
La Gestión de la Ecología Industrial contribuye al uso de nuevas y mejores tecnologías de producción, nuevos o mejorados productos y acciones ambientales más eficientes.	5	10	10	11	11	11
La implementación del procedimiento propuesto contribuye al cierre del ciclo de materia en las empresas.	7	10	11	11	11	11
El procedimiento es aplicable a otras empresas, es generalizable.	6	10	11	11	11	11

**Tabla 4:** Frecuencias Relativas Acumuladas.

Alternativas	MR	BR	R	PR	Total
Existe coherencia entre las etapas que componen el procedimiento.	0,64	1	1	1	11
Existe claridad en cuanto al modo de proceder en cada una de las etapas.	0,55	0,73	1	1	11
El procedimiento es práctico y aplicable.	0,73	1	1	1	11
La Gestión de la Ecología Industrial contribuye al uso de nuevas y mejores tecnologías de producción, nuevos o mejorados productos y acciones ambientales más eficientes.	0,45	0,91	0,91	1	11
La implementación del procedimiento propuesto contribuye al cierre del ciclo de materia en las empresas.	0,64	0,75	1	1	11
El procedimiento es aplicable a otras empresas, es generalizable.	0,55	0,91	1	1	11

**Tabla 5:** Determinación de los puntos de corte.

Alternativas	MR	BR	R	PR	Suma	Prom.	N-P
Existe coherencia entre las etapas que componen el procedimiento.	0,35	4,26	4,26	4,26	13,14	3,29	-0,1786
Existe claridad en cuanto al modo de proceder en cada una de las etapas.	0,11	0,60	4,26	4,26	9,25	2,31	0,7951
El procedimiento es práctico y aplicable.	0,60	4,26	4,26	4,26	13,40	3,35	-0,2426
La Gestión de la Ecología Industrial contribuye al uso de nuevas y mejores tecnologías de producción, nuevos o mejorados productos y acciones ambientales más eficientes.	-0,11	1,34	1,34	4,26	6,82	1,71	1,4020
La implementación del procedimiento propuesto contribuye al cierre del ciclo de materia en las empresas.	0,35	0,67	4,26	4,26	9,55	2,39	0,7190
El procedimiento es aplicable a otras empresas, es generalizable.	0,11	1,34	4,26	4,26	9,98	2,49	0,6124
<b>Puntos de corte</b>	0,236	2,079	3,777	4,265			
<b>Sumatoria de las sumas</b>					62,14		
<b>N (Promedio general)</b>					3,1072		

**Tabla 6:** Grado de adecuación.

Categoría	Mayor que	Menor o igual que
Muy Relevante		0,2360
Bastante Relevante	0,2360	2,0799
Relevante	2,0799	3,7766
Poco Relevante	3,7766	4,2649
No Relevante	4,2649	

**Prueba de concordancia entre los expertos.**

Se realiza a partir de la Prueba de Friedman, ya que  $k \leq 7$ , por tanto los estadísticos de contraste para esta prueba se muestran en la **Tabla 7**. El procesamiento de los datos se realiza mediante el *software Statgraphics Centurion XV.II*.

**Tabla 7:** Estadísticos de contraste

N	11
Chi-cuadrado	19,570
gl	5
Sig. asintót.	,000

Para determinar el estadígrafo de Friedman (tabulado) se utiliza, Friedman, M. (1940). Ann. Math. Statistics, 11, pp.86-92.

Al realizar la prueba de hipótesis correspondiente, se cumple la región crítica y por tanto no se puede rechazar la idea de que exista consistencia entre el criterio de los expertos.

**Anexo 21:** Principales problemas ambientales del país y de la provincia de Cienfuegos.

**Fuente:** Estrategia Ambiental Territorial Provincia Cienfuegos, (2011 - 2015).

Contexto	Problemas ambientales
<b>Nacional</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>☪ Afectaciones a la cobertura forestal.</li><li>☪ Contaminación.</li><li>☪ Pérdida de la diversidad biológica.</li><li>☪ Carencia de agua.</li><li>☪ Degradación de los suelos.</li></ul>
<b>Provincial</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>☪ Degradación de los suelos.</li><li>☪ Afectaciones a la cobertura forestal.</li><li>☪ Contaminación (residuales líquidos, sólidos, emisiones a la atmósfera y contaminación sónica, productos químicos y desechos peligrosos).</li><li>☪ Pérdida de diversidad biológica.</li><li>☪ Carencia y dificultades con la disponibilidad y calidad del agua.</li><li>☪ Implicaciones ambientales del aumento de las capacidades productivas en la refinación del petróleo y las inversiones del polo petroquímico.</li><li>☪ Vulnerabilidad territorial ante los efectos del cambio climático.</li><li>☪ Impactos socio-económicos y ambientales de las actividades productivas no estatales.</li></ul>

**Anexo 22:** Sondeo general de la situación de residuos sólidos industriales. **Fuente:** Estrategia Ambiental Territorial Provincia Cienfuegos 2011/2015.

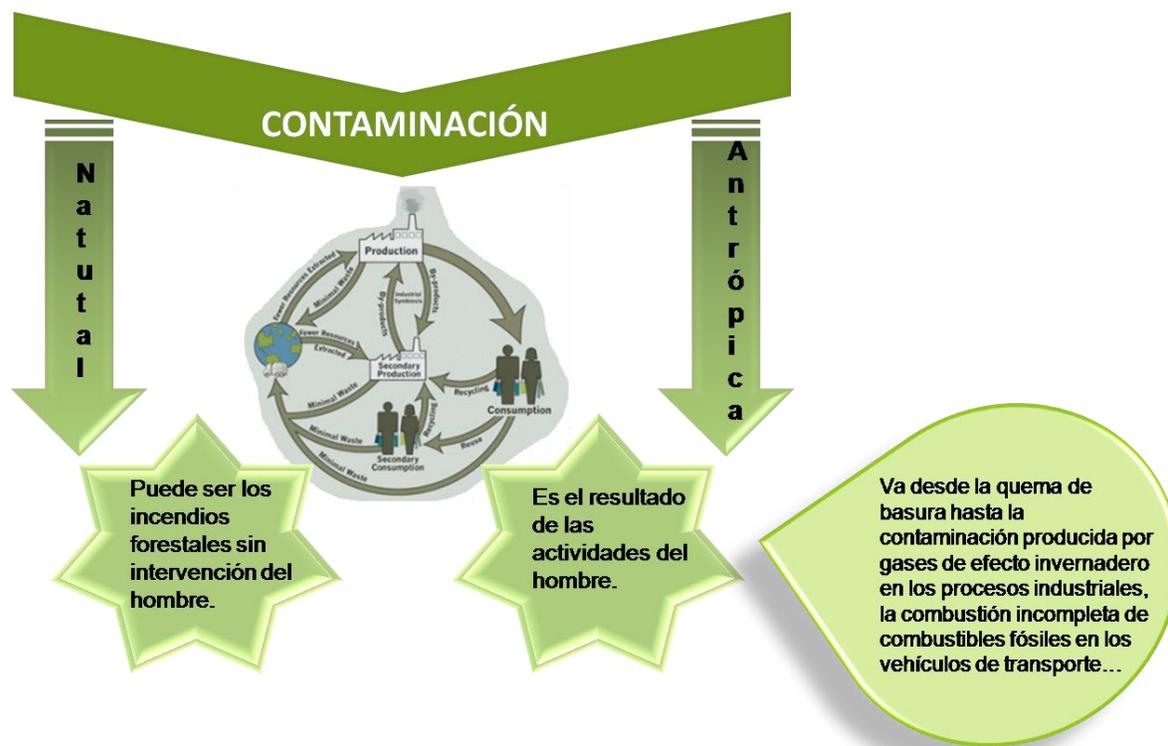
El deterioro de las condiciones higiénico-sanitarias en muchas localidades es un serio problema ambiental sobre el cual incide fuertemente el inadecuado manejo de los residuos sólidos urbanos, incluyendo los generados por los asentamientos rurales. Algunas de las dificultades que presenta la gestión de los residuos sólidos en el país en general y en nuestro territorio en particular radican el mal estado técnico del parque automotor; las indisciplinas sociales por parte de la población; el incremento de la generación de residuos por múltiples razones; la no segregación en las fuentes de origen.

La cobertura de saneamiento se sustenta con 7 colectores, 9 carros abiertos, 5 tractores con carretas y 244 vehículos de tracción animal, concentrándose en el municipio cabecera la mayor parte de la recogida con medios mecánicos. En el Centro Histórico de la ciudad cabecera se recoge en 3 horarios en 24 horas, mientras que en el resto de los consejos populares se recoge una vez al día.

La provincia cuenta con 52 vertederos a cielo abierto y 9 de relleno sanitario. Además existen 113 supiaderos ubicados en su mayor parte en barrios de edificios multifamiliares en la periferia de la ciudad cabecera. Todo esto con los objetivos específicos de:

-  Prevenir, reducir y controlar la contaminación provocada por el manejo inadecuado de residuos sólidos en todo su ciclo.
-  Incentivar la clasificación en los puntos de generación de los residuos sólidos, incrementando su rehúso y reciclaje.
-  Minimizar la producción de residuos sólidos en el origen, aprovechando la materia orgánica para la generación de energía.

Anexo 23: Origen de la contaminación. Fuente: Elaboración propia.



**Anexo 24:** Sondeo general de la situación de las emisiones gaseosas a la atmósfera.

**Fuente:** Estrategia Ambiental Territorial Provincia Cienfuegos 2011/2015.

Resolver este problema depende de soluciones complejas dada la diversidad y origen de las fuentes emisoras a la atmósfera, además en las condiciones actuales los recursos dirigidos al monitoreo de las emisiones son muy escasos. Estas enmiendas demandan un financiamiento fuerte en divisas para adquirir el equipamiento imprescindible para ejecutar el monitoreo de las emisiones y la importación de tecnologías avanzadas para la reducción de la contaminación atmosférica en las fuentes.

No obstante se trabaja con las empresas a través de la elaboración de las Estrategias Integradas para la adopción de medidas encaminadas a reducir la contaminación provocada por las emisiones a la atmósfera del parque automotor de las entidades (exigencia del Somatón a cada vehículo), la verificación del cumplimiento de los requisitos establecidos para el funcionamiento de las calderas de vapor, el cumplimiento de los compromisos de país en cuanto a la sustitución de gases agotadores del ozono en el marco de la Revolución Energética y la incidencia a través de la Educación Ambiental con la comunidad para evitar el uso de espray, extintores y otros implementos que utilicen como impelente gases agotadores del ozono. Existen empresas que aún poseen equipamiento con gases agotadores del ozono pero cuentan con una estrategia para su sustitución paulatina.

**Anexo 25:** Cantidad y distribución en por ciento de focos contaminantes de interés nacional por municipio y cuencas a la que vierten sus residuos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la Unidad de Gestión del CITMA.

**Tabla 1:** Municipio de Cienfuegos (24). **Fuente:** Elaboración propia.

Cuenca Hidrográfica	Nombre de la Fuente	Organismo
Bahía (B=18)	Empresa Glucosa Cienfuegos	MINAL
	EPICIEN-PESCACUBA	MINAL
	Fábrica de Conserva "El Faro"	MINAL
	Empresa Cereales Cienfuegos	MINAG
	Empresa Productora de Piensos Industriales	MINAG
	Lavandería Unicornio SERVISA	MINBAS
	Empresa Químico-farmacéutica (EQUIFA)	MINBAS
	Empresa Termoeléctrica Cienfuegos	MINBAS
	PDV-CUPET SA (Refinería de Petróleo)	OPP
	Asentamiento Castillo de Jagua	OPP
	Asentamiento Cienfuegos: La Esperanza, Junco Sur, Pastorita, Pueblo Griffó, Emisario Submarino, Fosas	MINSAP
	Hospital Provincial Gustavo Aldereguía	MINSAP
	Hospital Pediátrico	MINTUR
	Hotel Jagua	MINTUR
	Hotel Punta La Cueva	MINTUR
	IPI José Gregorio Martínez	MINED
	Escuela Militar Camilo Cienfuegos	MINED
	Universidad Carlos R. Rodríguez	MES
Caonao (C=2)	Cementos	MICONSA
	IPUEC Ramón Jauregui Cerrada	MINAED
Mar Caribe (MC=2)	Hotel Rancho Luna	MINTUR
	Hotel Pasacaballo	MINTUR
Arimao (A=1)	Granja Agropecuaria Pepito Tey = Agropecuaria Cienfuegos	MINAG
Damuji (D=1)	Granja Agropecuaria EL Milagro (Aledaña a la Refinería)	MININT

**Tabla 2:** Municipio de Palmira (19). **Fuente:** Elaboración propia.

Cuenca Hidrográfica	Nombre de la Fuente	Organismo
Salado (S=8)	CI Porcino I	MINAG
	CI Porcino II	MINAG
	Centro Multiplicador	MINAG
	EF Empresa Manuel Hernández Osorio	MINED
	Elpidio Gómez	
	Asentamiento Palmira	OPP
	Empresa Cárnica Cienfuegos	MINAL
	Finca Pienso líquido	MINAG
	Granja Agropecuaria Elpidio Gómez	MINAZ
	Caonao (C=9)	UEB Enero I Avícola Cienfuegos
UEB Enero II Avícola Cienfuegos		MINAG
UEB Enero III Avícola Cienfuegos		MINAG

## Anexos

	UEB Panamá Avícola Cienfuegos	MINAG
	IPA Juan B Jiménez Espartaco	MINED
	IPUEC Rigoberto Roque paso del Medio	MINED
	Asentamiento San Fernando Camarones	OPP
	Granja Agropecuaria Espartaco Empresa Agropecuaria	MINAG
	G GECA Espartaco	MINAZ
Damují (D=2)	UEB Mártires de Bolivia Avícola Cienfuegos	MINAG
	Asentamiento Arriete C. Montero	OPP

**Tabla 3:** Municipio de Cumanayagua (17). **Fuente:** Elaboración propia.

Cuenca Hidrográfica	Nombre de la Fuente	Organismo
Arimao (A=13)	Despulpadora El Nicho	MINAG
	Despulpadora San Blas	MINAG
	Productos Lácteo Escambray	MINAL
	Asentamiento Cumanayagua	OPP
	Asentamiento Barajagua	OPP
	IPA Félix Varela	MINED
	IPEVC Batalla de Santa Clara	MINED
	IPVEC Carlos Roloff	MINED
	ESBEC Antonio Rodríguez Cafetal (Cerrada)	MINED
	ESBEC Bárbaro Álvarez	MINED
	Centro Porcino Lácteo	MINAL
	Granja Agropecuaria "El Brazo" La Sierrita	MININT
	Granja Agropecuaria Integral San Antonio "Don Quijote" Minas carlota	MINFAR
Río Hondo (RH=1)	Complejo Armando Mestre Mayarí	MINED
Cabagan (C=1)	Despulpadora 4 Vientos	MINAG
	Centro Porcino Gavilán	MINAG
Gavilanes (G=2)	UEB Álvaro Barba Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG

**Tabla 4:** Municipio de Abreus (16). **Fuente:** Elaboración propia.

Cuenca Hidrográfica	Nombre de la Fuente	Organismo
Damují (D=6)	Papelera Damují	MINBAS
	Asentamiento Constancia	OPP
	Asentamiento Abreus	OPP
	IPI Arturo Almeida Constancia	MINED
	Granja Agropecuaria Guillermo Moncada	MINAG
	Centro Porcino María Teresa	MINAG
Ciénaga de Zapata (CZ=4)	Asentamiento Horquita	OPP
	IPA Francisco del Sol Horquita	MINED
	ESBEC Juan A Díaz González Horquita	MINED
	UEB Yaguaramas Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
Juraguá C	ESBEC Lino Pérez Muñoz cerrada	MINED

## Anexos

Subterránea (JCS=3)	IPUEC Virgilio González Villa Jaragua	MINED
	Centro Porcino Hondones	MINAG
Hanabana (H=3)	ELAM I	MINED
	ELAM II	MINED
	ELAM III	MINED

**Tabla 5:** Municipio de Rodas (14). **Fuente:** Elaboración propia.

Cuenca Hidrográfica	Nombre de la Fuente	Organismo
Damují (D=10)	Empresa Azucarera 5 de Septiembre	MINAZ
	Empresa Azucarera 14 DE JULIO.	MINAZ
	Asentamiento Rodas	OPP
	Asentamiento Cartagena	OPP
	ESBEC Owen Fundora Valdivia Turquino.	MINED
	Granja Agropecuaria estatal 14 de julio	MINAZ
	Granja Agropecuaria estatal 5 de Septiembre	MINAZ.
	Granja GECA La Gloria Cartagena	MINAZ
	UEB Rodas I Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
	UEB Santa Elena Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
Salado (S=4)	Centro Penitenciario Provincial Ariza	MININT
	Asentamiento Ariza	OPP
	Centro Porcino Baraguá	MININT
	UEB. VietNam Heroico Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG

**Tabla 6:** Municipio de Aguada de Pasajeros (11). **Fuente:** Elaboración propia.

Cuenca Hidrográfica	Nombre de la Fuente	Organismo
Ciénaga de Zapata (CZ=6)	Empresa Azucarera Antonio Sánchez	MINAZ
	Alcoholes Finos Alficsa	MINAZ
	Fábrica Torula	MINAZ
	Asentamiento Covadonga	OPP
	Asentamiento Perseverancia	OPP
	Autoconsumo Antonio Sánchez	MINAZ
Hanabana (H=4)	Centro de Elaboración El Galeón	MINAZ
	Centro de Elaboración La Larguita Cerrado por ahora	MINAZ
	Asentamiento Aguada	OPP
	IPUEC Ramón López Suarez Covadonga	MINED
Magdalena (M=1)	ESBEC Dionisio San Román 1ro de mayo	MINED

## Anexos

**Tabla 7:** Municipio de Cruces (8). **Fuente:** Elaboración propia.

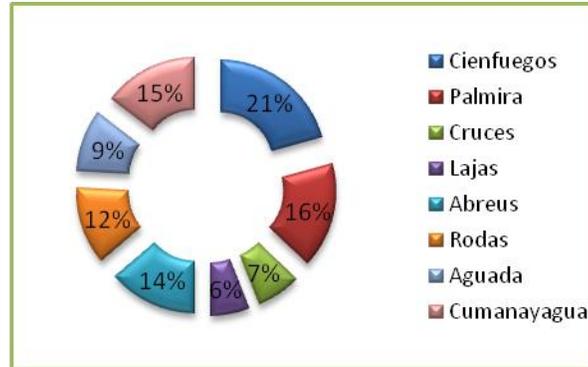
Cuenca Hidrográfica	Nombre de la Fuente	Organismo
Damují (D=6)	Asentamiento Cruces	OPP
	Policlínico Cruces	MINSAP
	Granja Agropecuaria Marta Abreus. Empresa Agropecuaria Mal Tiempo	MINAG
	UEB Caoba Inicio Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
	UEB Mal Tiempo Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
	UEB Las Delicias. Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
Caonao (C=2)	Asentamiento Potrerrillo	OPP
	Granja Agropecuaria Mal Tiempo Empresa Agropecuaria MT	MINAG

**Tabla 8:** Municipio de Lajas (7). **Fuente:** Elaboración propia.

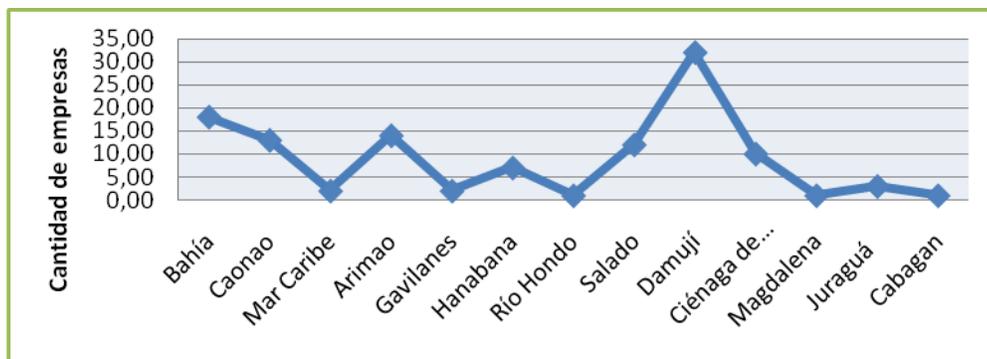
Cuenca Hidrográfica	Nombre de la Fuente	Organismo
Damují (D=7)	Empresa Azucarera C Caracas Cerrada	MINAZ
	Asentamiento Lajas	OPP
	Policlínico Lajas	MINSAP
	IPUEC Orestes Jiménez F. Caracas	MINED
	IPUEC Pedro Pérez Concepción R Balboa cerrado	MINED
	Centro Porcino San Agustín	MINAG
	Granja Agropecuaria Ciudad Caracas	MINAZ

**Tabla 9:** Resumen. **Fuente:** Elaboración propia.

Municipios	Focos Contaminantes	Cuenca Hidrográfica													
		B	C	MC	A	G	H	RH	S	D	CZ	M	JCS	Ca	
Cienfuegos	24	18	2	2	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
Palmira	19	-	9	-	-	-	-	-	8	2	-	-	-	-	
Cumanayagua	17	-	-	-	13	2	-	1	-	-	-	-	-	1	
Abreus	16	-	-	-	-	-	3	-	-	6	4	-	3	-	
Rodas	14	-	-	-	-	-	-	-	4	10	-	-	-	-	
Aguada de Pasajeros	11	-	-	-	-	-	4	-	-	-	6	1	-	-	
Cruces	8	-	2	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	
Lajas	7	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	
TOTAL	116	18	13	2	14	2	7	1	12	32	10	1	3	1	



**Gráfico 1:** Distribución de focos contaminantes de interés nacional por municipios de la provincia de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 2:** Cuenas hidrográficas a las que empresas o entidades vierten sus residuos líquidos. **Fuente:** Elaboración propia.

## Anexos

---

**Anexo 26:** Carga orgánica contaminante por organismos y empresas durante el año 2012 en los municipios de Cienfuegos, Palmira y Cumanayagua. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la Unidad de Gestión del CITMA.

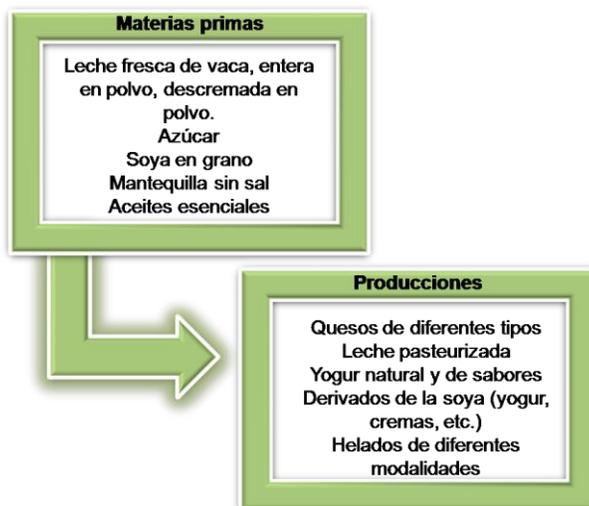
**Tabla 1:** Carga orgánica contaminante por organismos. **Fuente:** Elaboración propia.

Organismos	Total de DBO <sub>5</sub> generada	Total de DBO <sub>5</sub> dispuesta
MINAG	72	41
MINAL	149	67,8
MINED	26	15,7
MINFAR	98	50
MININT	90	5
MES	20	9
MINBAS	26	11
MINSAP	12	7
MINTUR	25	3

**Tabla 2:** Carga orgánica contaminante por empresas. **Fuente:** Elaboración propia.

Empresas del MINAL	DBO <sub>5</sub> (generada)	DBO <sub>5</sub> (dispone)
Empresa Productos Lácteos Escambray	73	22
Empresa Glucosa Cienfuegos	31	21
Fábrica de Conserva "El Faro"	15	9
EPICIEN-PESCACUBA	15	8
Centro Porcino (Combinado Lácteo)	9	5
Empresa Cereales Cienfuegos	6	3

**Anexo 27:** Principales materias primas, producciones suministradores, competidores y clientes de la Empresa de Productos Lácteos “Escambray”. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por el centro.



**Figura 1:** Principales materias primas y producciones de la Empresa de Productos Lácteos “Escambray”. **Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 2:** Principales suministradores, competidores y clientes de la Empresa de Productos Lácteos “Escambray”. **Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 28:** Objetivos Empresariales de la Empresa de Productos Lácteos "Escambray" para el año 2013. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por el centro.

I. Alcanzar niveles de producción en unidades físicas fundamentalmente en las producciones destinadas a la captación de divisas, con reducción del gasto material por peso de producción bruta y el costo de la producción mercantil, todo con respecto al plan aprobado para el año. (Lineamientos No. 1 y 5 aprobados en el VI congreso del PCC)

II. Lograr una gestión contable y financiera eficiente. (Lineamientos No. 15, 42 y 69 aprobados en el VI congreso del PCC)

III. Lograr avances significativos en la calidad de la leche que se acopia, en sus rendimientos industriales y en su utilización en los destinos priorizados por la empresa. (Lineamientos No. 10, 44 y 87 aprobados en el VI congreso del PCC)

IV. Perfeccionar el esquema de aseguramiento material de la entidad con una correcta planificación, control y adecuada contratación económica de las materias primas y recursos materiales. (Lineamientos 5, 10, 43 y 87 aprobados en el VI congreso del PCC)

V. Incrementar y consolidar las acciones que permitan una sustancial reducción de los indicadores de consumo de portadores energéticos. (Lineamiento no. 244 aprobado en el VI congreso del PCC)

VII. Garantizar el cumplimiento de las entregas de productos normados a la población, asegurar la disponibilidad de productos previstos en la red del mercado liberado y garantizar las entregas a los destinos priorizados por la dirección del país. (Lineamientos 42, 43 y 136 aprobados en el VI congreso del PCC)

VIII. Alcanzar niveles superiores de protección y control interno a los recursos y medios de la entidad. (Lineamiento 12 aprobado en el VI congreso del PCC)

IX. Recuperar la integración al sistema de perfeccionamiento empresarial. (Lineamientos No. 15, 42, 129 y 136 aprobados en el VI congreso del PCC)

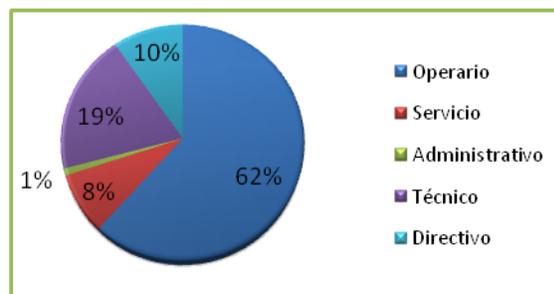
X. Lograr una adecuada formación y preparación de la fuerza de trabajo, que propicie una utilización eficiente y un crecimiento sostenido de la productividad del trabajo y su correspondencia con el salario medio, en el sistema empresarial. (Lineamientos 7, 15, 40, 41 y 170 aprobados en el VI congreso del PCC)

## Anexos

**Anexo 29:** Cantidad de trabajadores por categoría ocupacional, grado de escolaridad y unidad organizativa. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la Empresa de Productos Lácteos "Escambray".

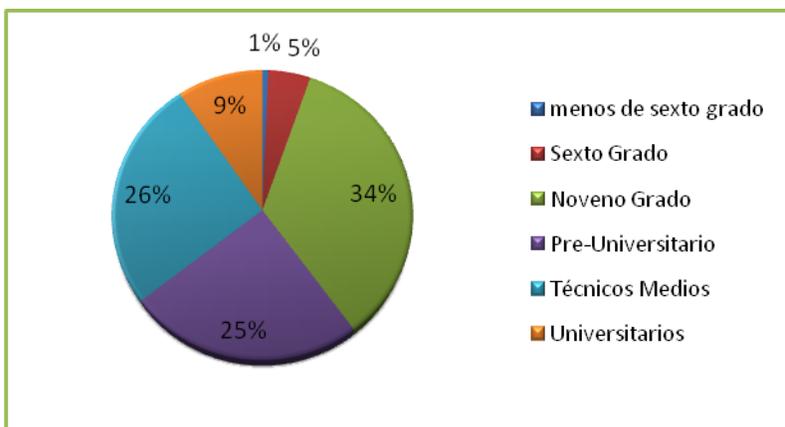
Cantidad de trabajadores por categoría ocupacional.

Trabajadores	Plantilla
Operario	388
Servicio	52
Administrativo	6
Técnico	122
Directivo	61
<b>Total</b>	<b>629</b>



Cantidad de trabajadores por grado de escolaridad.

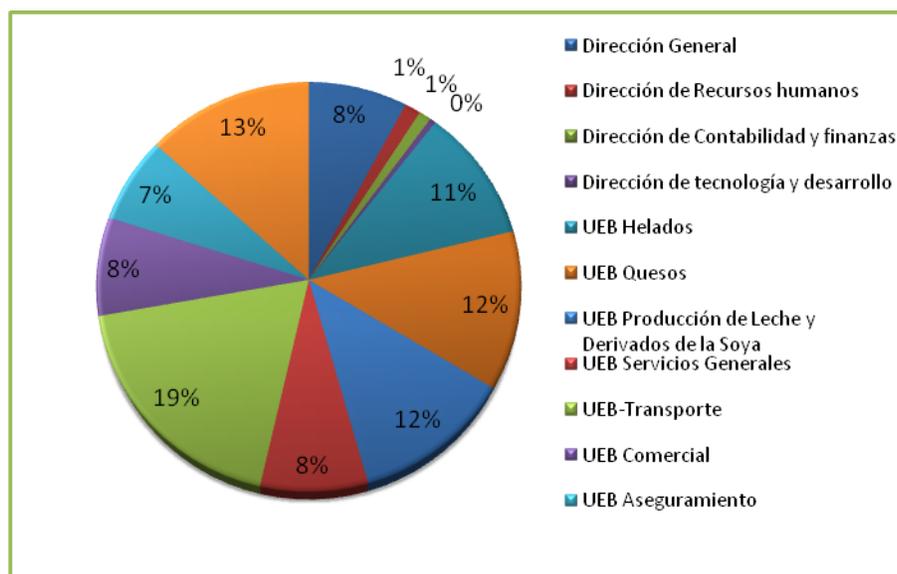
Trabajadores	Plantilla
Menos de sexto grado	6
Sexto Grado	30
Noveno Grado	216
Duodécimo Grado	139
Técnicos Medios	141
Universitarios	59



## Anexos

Cantidad de trabajadores por Unidades Organizativas.

Unidad Organizativa	Trabajadores
Dirección General	49
Dirección de Recursos humanos	8
Dirección de Contabilidad y finanzas	6
Dirección de tecnología y desarrollo	3
UEB Helados	67
UEB Quesos	79
UEB Producción de Leche y Derivados de la Soya	75
UEB Servicios Generales	50
UEB-Transporte	117
UEB Comercial	49
UEB Aseguramiento	43
UEB Mantenimiento	83
<b>Total</b>	<b>629</b>

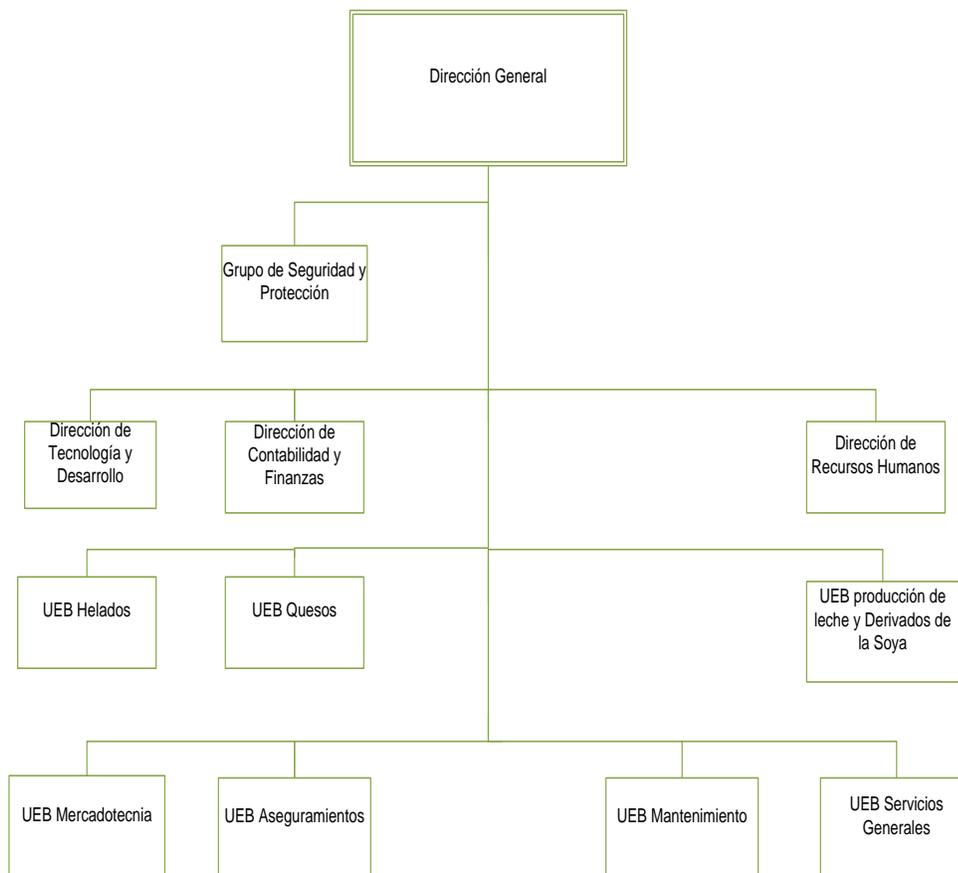


## Anexos

---

**Anexo 30:** Estructura Organizacional de la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la empresa.



**Anexo 31:** Actividades ambientales negativas y causas de generación de residuales de la Empresa de Productos Lácteos Escambray. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la empresa.

Las actividades ambientales negativas más significativas en la entidad son:

-  Los altos consumos de agua y energía.
-  Generación de grandes volúmenes de vertimientos líquidos y sólidos que contienen grasas.
-  Se presentan con menor significación las emisiones de gases de combustión, potencialmente gases refrigerantes.

Todo proceso químico genera residuales que pueden afectar el ambiente, estos son de tres tipos: gaseosos, líquidos y sólidos. Las Emisiones Atmosféricas en la entidad se generan en:

1. Calderas utilizadas para la producción de vapor: El uso de combustibles fósiles como fuente de energía térmica implica la generación de emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero, gases tóxicos, material particulado, humos y hollín, los cuales manejados incorrectamente tienen efectos nocivos sobre la salud y el medio ambiente. En el procesamiento de productos lácteos, el principal uso de la energía térmica es la generación de vapor y la empresa dispone para la producción de vapor de dos calderas. Las mismas instaladas desde el año 1989, las que tienen una capacidad de 4 t respectivamente por lo que la eficiencia térmica es baja.
2. Otras de las emisiones atmosféricas en la entidad se conciben en los equipos electrógenos (grupo electrógeno) utilizados en la producción/generación de electricidad para el abastecimiento de energía eléctrica, usando combustible fósil (diesel) como fuente de energía térmica.
3. Sistema de Refrigeración: Existencia de fugas y escapes de refrigerante, siendo este peligroso para la salud humana y al medioambiente. Se puede destacar el escape de amoníaco en diferentes áreas de la fábrica y dentro de esta podemos destacar el salidero de amoníaco en los condensadores.

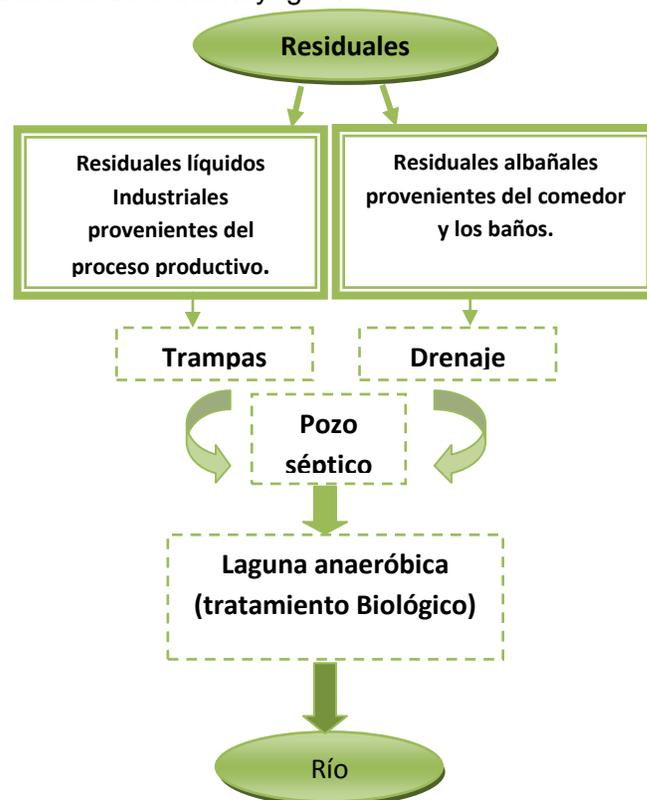
La Generación de Residuales Líquidos en los Procesos Productivos (aguas residuales):

Como consecuencia del uso desmedido del agua, en las propias operaciones de limpieza y procesos productivos se vierten residuos líquidos caracterizados por una alta carga orgánica, de tipo industrial y albañales, siendo las principales fuentes de contaminación a los efluentes.

## Anexos

Algunos de los factores que incrementan la generación de residuales líquidos son la operación de limpieza, derrame de materias primas y atraso de la tecnología disponible: la planta tiene varios años de explotación, escasez de piezas de repuesto. También se tienen desfavorables condiciones de trabajo en las áreas productivas: Procesos productivos con escapes y goteos de los productos fabricados por tuberías, uniones defectuosas, acoples, válvulas y demás accesorios.

Para el residual emergente de cada proceso de producción se cuenta con tres trampas de grasa y dos tanques sépticos que están distribuidos uno para cada planta de la empresa. El agua residual antes de ir para la laguna de oxidación recibe tratamiento previo por el departamento de higiene, esta pasa por una trampa donde se elimina la grasa, luego sigue para un pozo séptico con el objetivo de limpiar los residuales que no fueron eliminados en el proceso anterior ya que los tanques sépticos son órganos de tratamiento primario, cuya función principal es la remoción de sólidos y material sobrenadante. Posteriormente se realiza la disposición final que es al sistema de alcantarillado para su ulterior tratamiento en las lagunas de oxidación de Cumanayagua.



**Figura 1:** Secuencia de residuos desde su concepción hasta disposición final. **Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 32:** Realización de los pasos uno, dos y tres del método de expertos para seleccionar los integrantes del equipo de trabajo. **Fuente:** Elaboración propia.

Este método utiliza como fuente de información un grupo de personas que deben tener conocimiento elevado, experiencia y competencia de la materia que se va a tratar; los seleccionados son empleados claves de las distintas áreas de la empresa. A continuación se muestran los pasos que se aplican en el método de expertos así como los resultados del mismo.

Los pasos para aplicar el método son:

**1. Concepción inicial del problema:** se tiene un grupo de posibles candidatos para formar parte del equipo de trabajo del proyecto de Ecología Industrial, por tanto se hace necesario conocer cuáles son las idóneas para incluirlos en dicho equipo. Seleccionar adecuadamente los integrantes se hace con el objetivo de posteriormente consultarles, aporten ideas y contribuyan en cualquier análisis durante el desarrollo de la investigación.

**2. Selección de los expertos:** Para la selección de los expertos se debe determinar la cantidad y luego la relación de los candidatos de acuerdo a los criterios de competencia, creatividad, disposición a participar, experiencia científica y profesional en el tema, capacidad de análisis, pensamiento lógico y espíritu de trabajo en equipo.

Se calcula el número de expertos para llevar a cabo el desarrollo de este método:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2} = \frac{0.03(1-0.03)3.8416}{0.12^2} = 7.7631 \approx 8 \text{ expertos}$$

Donde:

p: Proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos. (0.03)

k: Constante que depende del nivel de significación estadística.

i: Precisión del experimento. (0.12)

nota: Se determina el coeficiente acorde al nivel de confianza escogido (NC = 95%) para el trabajo, siendo este adecuado ( $\alpha=0.05$ ).

En este caso se cuenta con la cantidad de 8 expertos, y el listado de los mismos se muestra en la **Tabla 1**, donde se especifica el cargo que ocupa en la empresa.

## Anexos

**Tabla 1:** Listado de expertos. **Fuente:** Elaboración propia.

No.	Nombre del experto y nivel de escolaridad	Cargo que ocupa
E1	Ing. Benigno González Alonso	Especialista de Energía
E2	MSc. Magalys Batista Valle	Directora Tecnología y Desarrollo
E3	Ing. Ivis González Gálvez	Especialista Principal de Calidad
E4	Ing. Leandro Rodríguez Monteagudo	Jefe de Producción
E5	Ing. Daimi Flometa Ibáñez	Tecnóloga de la empresa
E6	Tec. Daniel Pérez Ocampo	Especialista B en mecánica
E7	MSc. Randel Castellón Pérez	Inversionista
E8	Tec. Alfredo Rodríguez Martín	Jefe de la Unidad de Logística

Los resultados de la aplicación del cuestionario y el cálculo del coeficiente de competencia se muestran en la **Tabla 2**.

**Tabla 2:** Cálculo del coeficiente de competencia de cada experto. **Fuente:** Elaboración propia.

Expertos	Coeficiente de conocimiento (Kc)	Coeficiente de argumentación (Ka)	Coeficiente de competencia ( $K_{comp}$ )	Clasificación de la competencia
E1	0.9	$0,3+0,5+3(0,04)+0,05=0,97$	0,935	Alta
E2	0.8	$0,2+0,5+0,05+0,03+0,05+0,04=0,87$	0,83	Alta
E3	0.7	$0,2+0,5+2(0,03)+0,04+0,05=0,85$	0,775	Media
E4	0.9	$0,2+0,5+0,03+0,03+2(0,05)=0,86$	0,88	Alta
E5	0.6	$0,2+0,5+2(0,03)+2(0,04)=0,84$	0,72	Media
E6	0.7	$0,2+0,5+0,03+0,03+2(0,04)=0,874$	0,77	Media
E7	0.8	$0,3+0,5+0,03+0,03+0,05+0,04=0,95$	0,875	Alta
E8	0.8	$0,2+0,4+0,04+0,03+2(0,04)=0,75$	0,775	Media

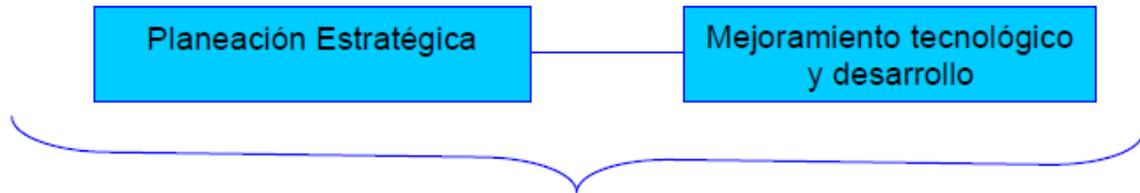
En este caso se cuenta con la cantidad de 8 expertos en el rango de clasificación entre alta y media.

## Anexos

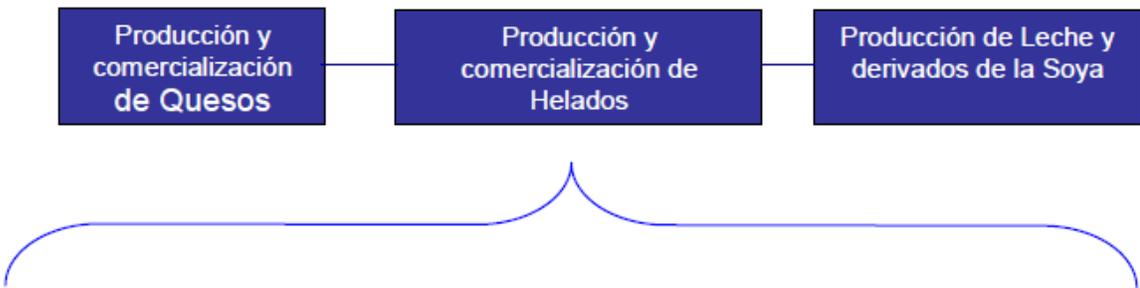
---

**Anexo 33:** Mapa general de procesos de la Empresa de Productos Lácteos "Escambray" según clasificación procesos estratégicos, productivos y de servicios. **Fuente:** Ricardo Cabrera (2009).

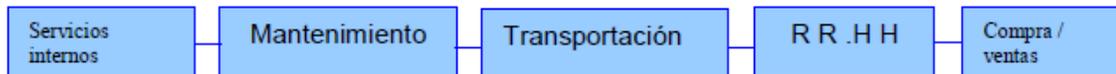
### Procesos Estratégicos



### Procesos Claves



### Procesos de Apoyo



Anexo 34: Mapas de procesos claves de la Empresa de Productos Lácteos "Escambray".

Fuente: Ricardo Cabrera (2009).

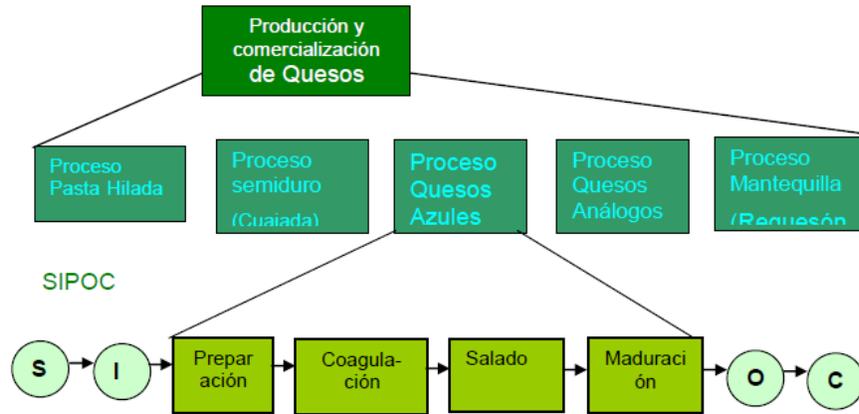


Figura 1: Mapa del proceso clave Producción y comercialización de quesos.

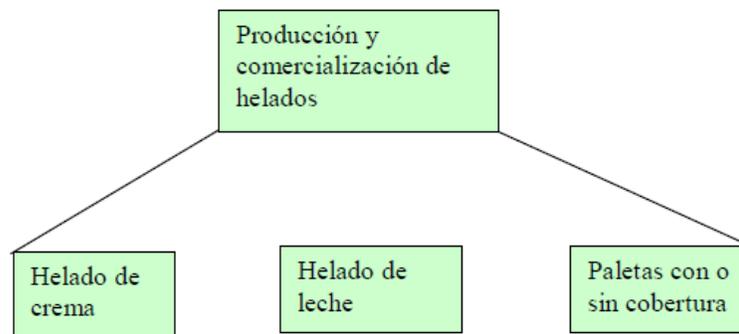


Figura 2: Mapa del proceso clave Producción y comercialización de helados.

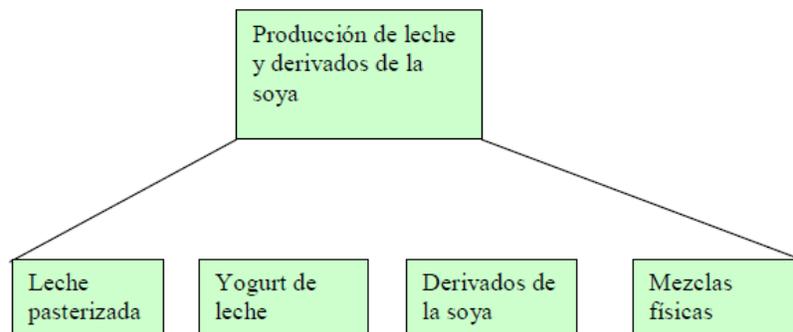


Figura 3: Mapa del proceso clave Producción de leche y derivados de la soya.

**Anexo 35:** Descripción del flujo de producción por las diferentes actividades del proceso de helado. **Fuente:** Elaboración Propia a partir de información brindada por la empresa.

Para la elaboración de helados es necesaria la preparación de una mezcla la cual es de vital importancia ya que de esta depende la calidad del producto, para esto se realiza:

### **Recepción de la Leche o Crema**

Luego de llegada la leche o crema, esta es impulsada mediante una bomba positiva de 10000l/h de capacidad hacia los tanques de almacenamiento, pasando posteriormente por un desaerador y por un enfriador de placas, que presenta una capacidad de 10000l/h, que la enfría a una temperatura no mayor de 10°C, evitando el desarrollo de microorganismos patógenos y, por supuesto, un aumento de la acidez de la leche debido a la descomposición de los mismos, pudiendo traer serios problemas, ya que se corre el riesgo de una posterior coagulación de estas materias primas imposibilitando la fabricación de la mezcla. A la llegada de la leche el operador de recibo tomara muestras y las enviara al laboratorio para medir la acidez y la temperatura de estas materias primas

El producto, luego de enfriado, es almacenado en tanques isotérmicos de doble pared, con agitadores de paleta lo que permite mantener la mezcla homogénea, de acero inoxidable con una capacidad de 10000 litros. La temperatura de almacenamiento será no mayor de 10°C gracias a que entre las dos paredes del tanque se mantiene circulando agua fría, ocurriendo en esta etapa un cambio físico de la materia prima.

### **Disolución de Azúcar**

El agua pasa a través de un intercambiador de calor donde es calentada a una temperatura de 95°C, pasando al tanque para que al final tenga una temperatura de 90°C aproximadamente. Calentada el agua comienza la recirculación por el disolutor donde se abre el saco y se vierte el azúcar que mediante un eyector la envía a la tubería de agua que es donde se mezcla.

También se podrá disolver el azúcar en agua caliente en un tacho, en el cual se verterá el azúcar en agua caliente y después se enviara hacia los tanques de almacenamiento o los tanques pesas, mediante una bomba centrífuga de 10000l/h de capacidad. El sirope de azúcar preparado tendrá una concentración de 66-68°Bx y se almacena en un tanque isotérmico, con agitador de paleta, de capacidad de 15000 litros. Durante el tiempo que dura este evento el sirope se mantendrá en constante agitación para evitar grandes sedimentaciones, ocurriendo un cambio físico.

### **Derretimiento e la Mantequilla, Manteca Vegetal y Butter Oil**

La mantequilla sin sal (MSS) y la manteca vegetal son derretidos en un derretidor centrífugo, de 1000Kg/h de capacidad, a una temperatura de 41-43 °C y bombeada a través del tanque balanza por una bomba centrífuga al tanque de almacenamiento. El derretidor de butteroil se realiza colocando las latas en una cuba con agua caliente entre los 60-65 °C. Al derretirse se facilita el drenaje y es llevada al derretidor y bombeada por bombas centrífugas al tanque de almacenamiento.

Además, existe un sistema de soplado para arrastrar hacia el tanque todos los productos que quedan pegados a la tubería. Estos productos son almacenados en el tanque de doble pared, con agitador de paleta para mantener homogénea la temperatura de la mezcla. Las paredes están aisladas térmicamente y la capacidad del tanque es de 6000 litros. Durante el tiempo que dure el almacenamiento la masa se mantendrá en constante agitación, ocurriendo un cambio físico por aumento de la temperatura del componente con el fin de licuarla.

### **Disolución de Leche Descremada en Polvo (LDP)**

El agua es precalentada a una temperatura de 28-30 °C para facilitar la disolución, es almacenada en el tanque de la mezcla y circulada entre los tanques mezcladores, con agitador de paleta, con el fin de facilitar la disolución de la LDP y el embudo disolutor por donde se adiciona la leche descremada.

Este procedimiento sirve para disolver crema de leche en polvo y leche entera en polvo, así como dextrosa de leche. Este evento se realiza mediante la recirculación desde el tanque hasta el embudo disoluto, existiendo cambios físicos en la misma.

### **Disolución de Ingredientes**

La leche es calentada antes de añadirle los ingredientes, tales como sal y CMC, con el fin de aumentar la solubilidad de los mismos. Los ingredientes son adicionados lentamente y mezclados hasta su total disolución. En el caso del CMC debe ser disuelto en la leche a una temperatura ambiente y mezclado con azúcar a una relación de dos a cuatro según su peso. La temperatura de disolución de los ingredientes es de 50-55 °C, permitiendo un cambio físico.

### **Pesaje**

El objetivo de la operación es pesar los distintos componentes utilizados en las mezclas en un tanque isotérmico con agitador destinado al efecto. Los distintos componentes que intervienen en la mezcla previamente determinada según formulas y estandarizaciones, son bombeados mediante una bomba centrífuga desde los tanques correspondientes hacia el tanque pesa. Para realizar esta operación se selecciona en la pizarra central el componente a pesar, y se coloca en el digital I cantidad que se desee cuantificar. Una vez terminado el primer paso se van seleccionando los demás componentes de la misma forma. Esta operación puede realizarse de forma natural.

### **Mezcla**

Luego de estar situadas en los tanques mezcladores isotérmicos la LDP y la dextrosa de leche para el caso de helados especiales o para el caso de helados normales otra combinación posible que garantice el contenido de grasa y SNG, los ingredientes pesados en el evento anterior se mezclan en el tanque de mezclado.

La mezcla preparada en cada tanque mezclador es filtrada y bombeada hacia el tanque balanza del pasteurizador de donde es bombeada por una bomba centrífuga hacia la sección de regeneración, en un rango de temperatura de 28-30°C. En esta zona es calentada hasta 71°C y posteriormente pasa al homogenizador de 8000i/h de capacidad, donde es sometido a presión para disminuir el tamaño de los glóbulos de grasa de macro a micro moléculas para obtener una mezcla uniforme en forma de emulsión permanente y así obtener un rendimiento estable en el helado. En el caso de helados Coppelia la presión debe ser de 157-166 Mpa y para helados normales de 117Mpa, debido a que presenta un porcentaje menor de grasa que los helados especiales. Luego pasa de nuevo al pasteurizador para eliminar las bacterias patógenas que existen en la mezcla donde se pasteurizan aproximadamente a 86°C durante 15 segundos. Si la mezcla alcanza la temperatura deseada pasa a la sección de regeneración en sentido inverso, donde se enfría con la mezcla que entra al pasteurizador a 44-50°C, pasando a la sección de enfriamiento con agua a temperatura ambiente. De ahí pasa a la sección de enfriamiento con agua helada, saliendo con una temperatura de 5°C. Si la mezcla no alcanza la temperatura de pasteurización esta es desviada por la válvula de diversificación para el tanque balanza comenzando nuevamente el proceso. El contenido será no mayor de 100 col/gr.

## Anexos

---

Posteriormente se procede a la saborización de la mezcla con el objetivo de incorporar ingredientes y aditivos alimentarios. Esta operación se realiza vaciando en el embudo saborizador los sabores y colores preparados, de donde son bombeados e incorporados a la mezcla. También se podrá saborear por encima de los tanques de envejecimiento. Manteniendo las debidas condiciones higiénicas que permitan que el producto no se contamine.

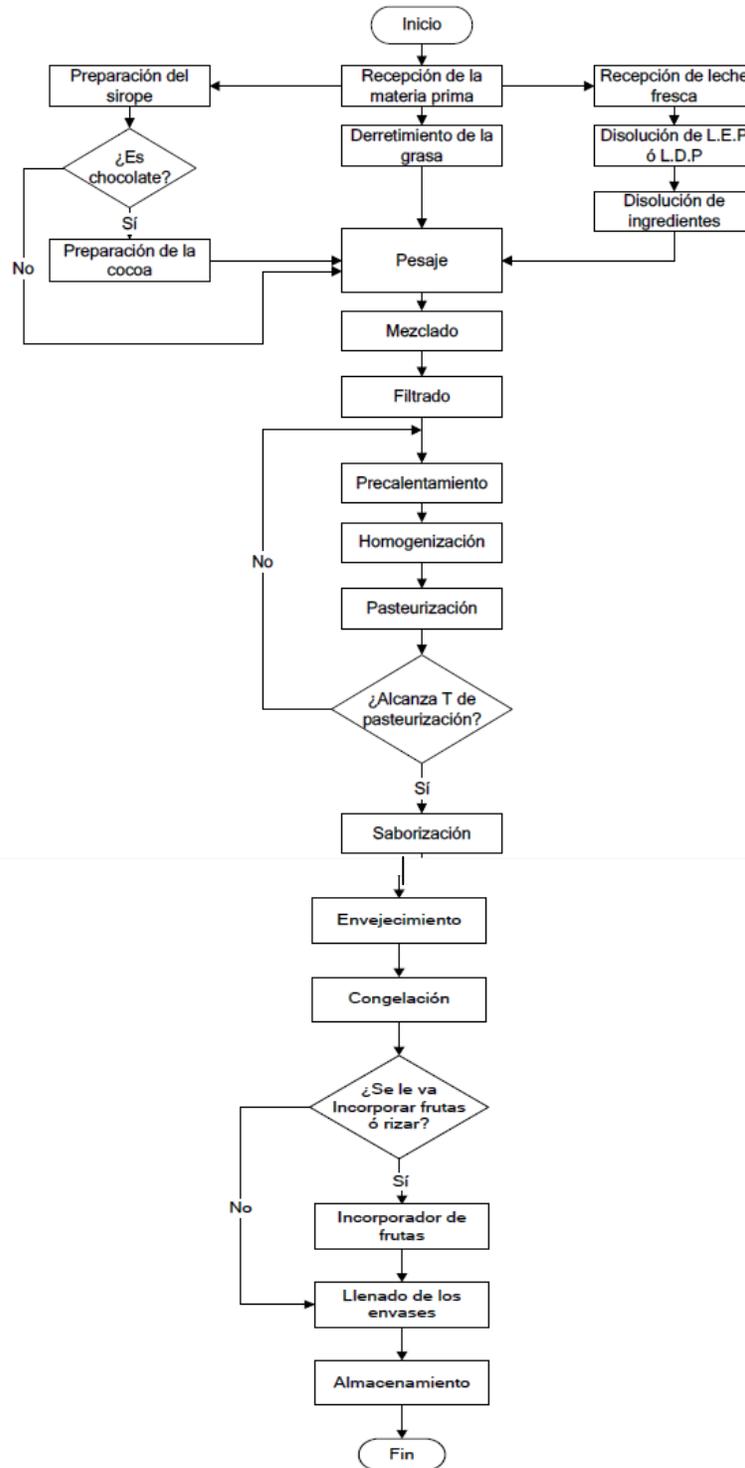
### **Envejecimiento**

Esta mezcla saborizada es enviada a los tanques isotérmicos de envejecimiento donde permanecen un tiempo no menor de 4 horas y no mayor de 24 horas, lo que se hace con el objetivo de formar un gel en la fase líquida producto de la acción del estabilizador. Además, permite la hidratación de las proteínas para darle suavidad, textura y disminuir el derretimiento del helado. La temperatura en el tanque de envejecimiento debe permanecer entre los 4-6 °C, debido a la acción de los agitadores, los que mantienen homogénea la temperatura de los mismos para evitar el aumento de la acidez.

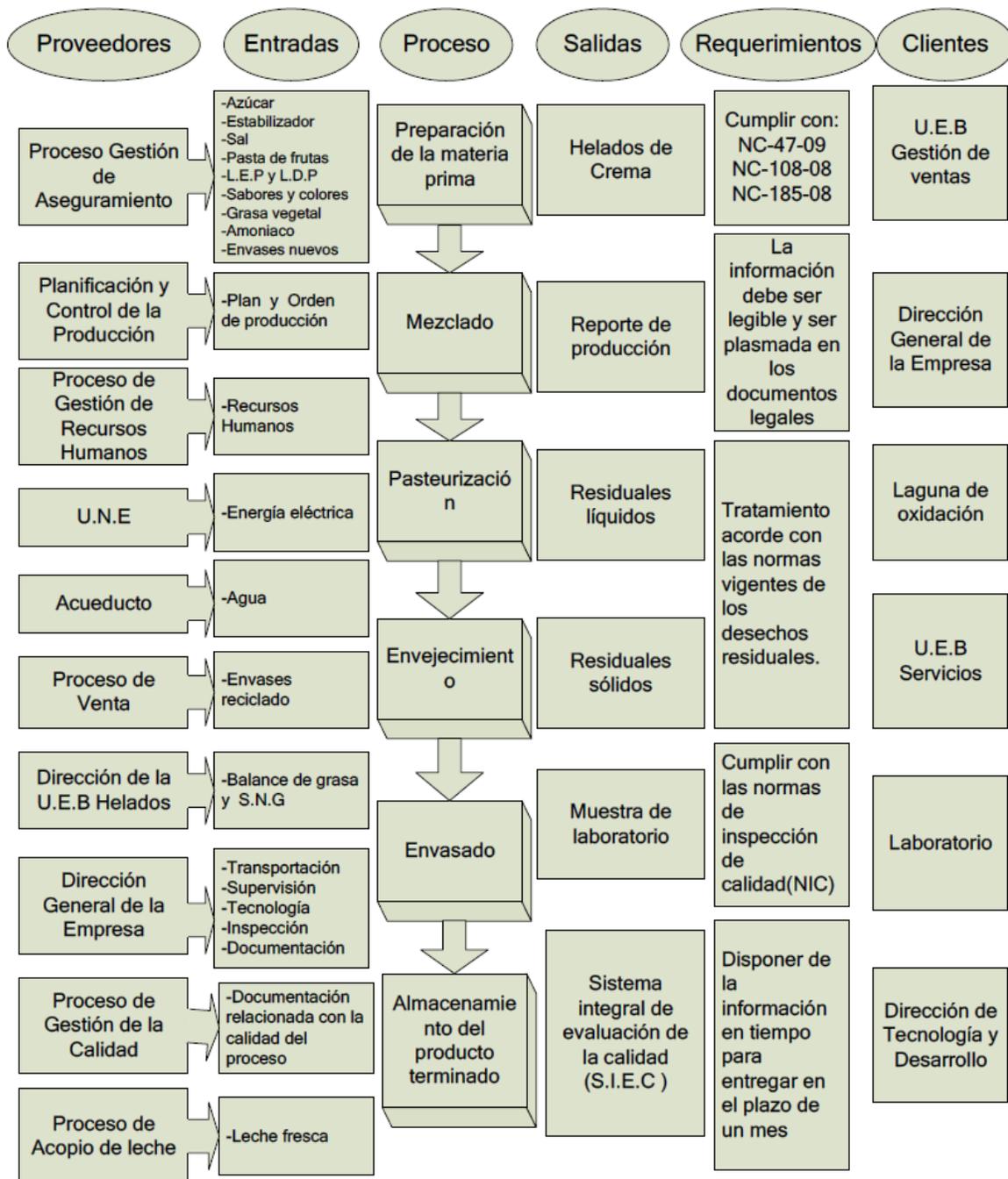
### **Congelación**

La mezcla, una vez envejecida, pasa a los congeladores continuos con el fin de ser congelado mientras es batida, para incorporar aire en un porcentaje determinado en dependencia del tipo de helado que sea. En este equipo el helado alcanza una temperatura de -4 a -6 °C y es bombeada por medio de bombas rotatorias positivas, siendo envasadas posteriormente en diferentes envases. El producto, una vez envasado, es transportado hacia las neveras de almacenamiento a una temperatura de -30 °C.

**Anexo 36:** Diagrama de Flujo del proceso de producción de Helados de Crema. **Fuente:** Becerra Pérez (2010).



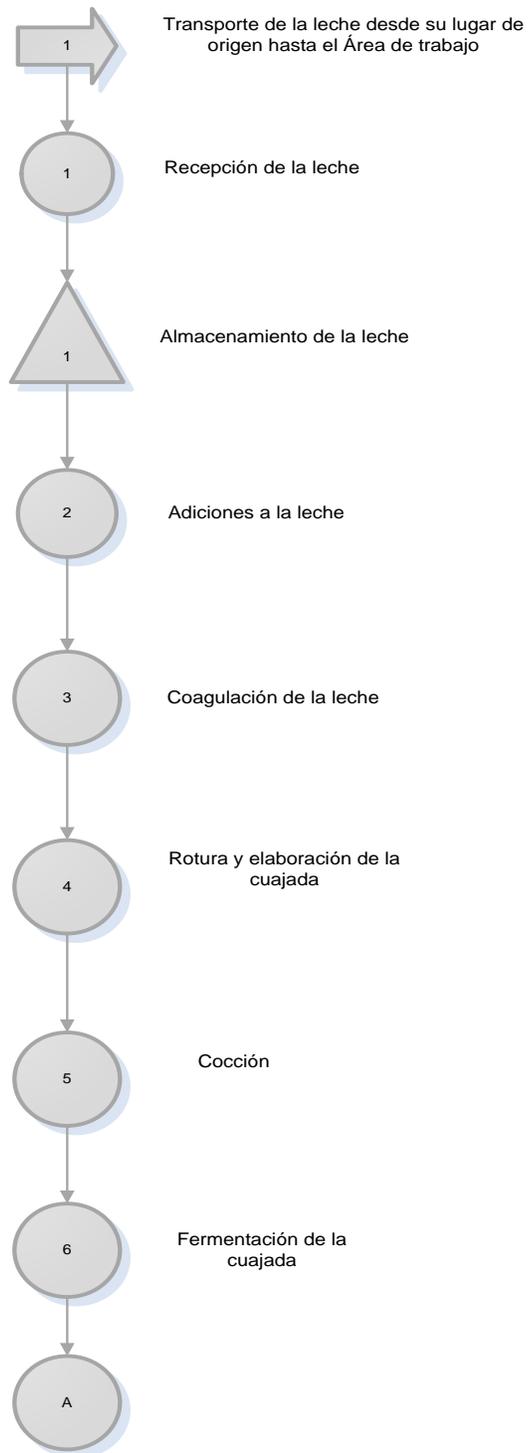
**Anexo 37:** Diagrama SIPOC del proceso de Helados de Crema. **Fuente:** Becerra Pérez (2010).

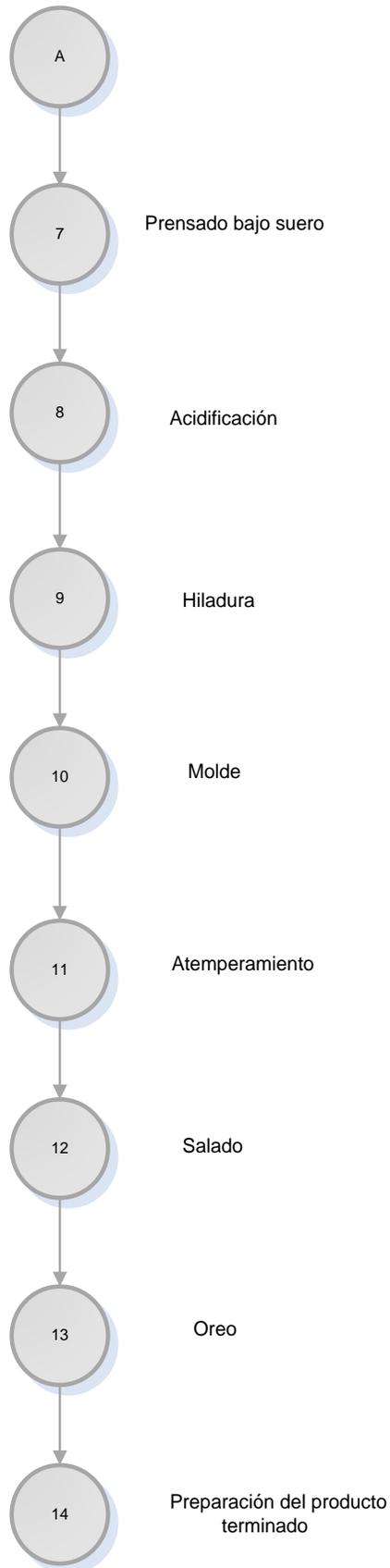


**Anexo 38:** Ficha del proceso de producción de Helados de Crema. **Fuente:** Becerra Pérez (2010).

		<b>EMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS "ESCAMBRAY"</b> <b>CUMANAYAGUA – CIENFUEGOS</b>	Ficha de Proceso
<b>PROCESO:</b> PRODUCCIÓN DE HELADOS DE CREMA.		<b>PROPIETARIO:</b> DIRECTOR DE LA UEB HELADOS	
<b>MISIÓN:</b> Elaborar helados de diferentes tipos, sabores y envases , con alto nivel nutricional, para el consumo social y el mercado de captación de divisas, con una alta calidad acorde a la exigencia del mercado actual, aprovechando la ubicación en el centro-sur del país, la cual facilita estabilidad y competitividad en el mercado.			
<b>ALCANCE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Empieza:</b> Recepción de materias primas y materiales</li> <li>• <b>Incluye:</b> Recepción, preparación de las materias primas, mezclado, pasteurización, envejecimiento, envasado, almacenamiento producto terminado.</li> <li>• <b>Termina:</b> Con la entrega al almacén de producto terminado (nevera).</li> </ul>		
<b>Entradas:</b> Documentación, Energía eléctrica, Agua, Transportación, Supervisión, Tecnología, Leche fresca de vaca, Inspección, documentación relacionada con la calidad del proceso, Sal, azúcar, estabilizador, pasta de frutas, L.E.P ó L.D.P, sabores y colores, grasa vegetal, M.S.S, amoníaco, envases, plan y ordenes de producción, balance de grasa y S.N.G, recursos humanos y envases reciclados.			
<b>Salidas:</b> Helados de Crema, reporte de producción, residuales sólidos, residuales líquidos, registros de la producción, Sistema integral de evaluación de calidad (SIEC), muestras para ensayos.			
<b>Clientes fundamentales:</b> <u>Externos:</u> Empresa provincial de Educación, comercio y gastronomía, salud pública provincial, hotel Jagua, Cimex, Agencia habana, Palmares, Caracol, Complejo Lácteo  <u>Internos:</u> UEB Gestión de ventas, UEB Servicios, laguna de oxidación Dirección General de la Empresa, Dirección tecnología y desarrollo, laboratorio		<b>Proveedores fundamentales:</b> Departamento de Acopio de Leche, Gestión de RR/HH, UNE, Acueducto, Dirección General de la Empresa, proceso gestión de aseguramiento, planificación y control de la producción, gestión de la calidad, gestión de ventas.	
		<b>Variables de control:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contaminación microbiológica</li> <li>2. Productos no conformes para el consumo previsto.</li> <li>3. Temperatura</li> <li>4. Presión</li> </ol>	
<b>Interfaces:</b> Sub procesos que conforman el proceso de producción de helados de crema, así como con los de mantenimiento, ATM, ventas y acopio de leche.			
<b>Inspecciones:</b> NEIAL 1601. 114: 2008 Instrucción SCC 2.04.01.07 Instrucción SCC 2.13.01.01 -1: 2006. Instrucción SCC 1.03 – 1: 2000		<b>Indicadores del proceso:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) - % de envases contaminados</li> <li>(2) - % de producto no conforme</li> <li>(3) - % del cumplimiento del contrato</li> <li>(4) - consumo de energía</li> </ol>	

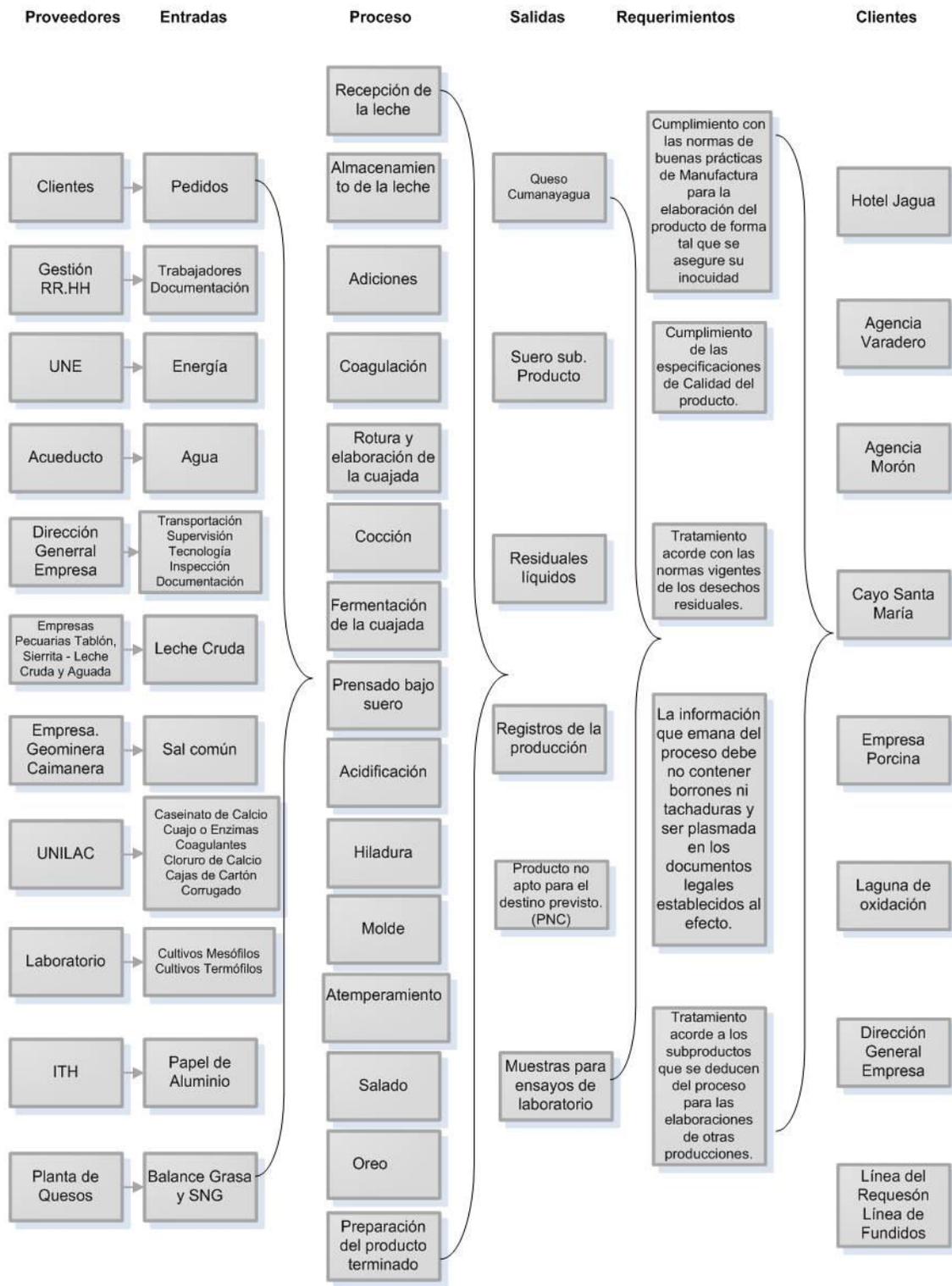
**Anexo 39:** Diagrama de Flujo del proceso de producción de queso Cumanayagua. **Fuente:** Elaboración Propia.





## Anexos

**Anexo 40:** Diagrama SIPOC del proceso de producción de queso Cumanayagua. **Fuente:** Elaboración Propia a partir de información brindada por la empresa.



**Anexo 41:** Ficha del proceso de producción de queso Cumanayagua. **Fuente:** Elaboración Propia a partir de información brindada por la empresa.

### **Ficha del proceso de producción de queso Cumanayagua**

**1. Nombre del proceso:** Proceso de producción de queso Cumanayagua.

**2. Responsable:** Maestro Quesero.

**3. Objetivo del Proceso:**

Producir quesos Cumanayagua de acuerdo a las normas existentes para la comercialización en divisa.

**4. Descripción del proceso:**

La leche fresca que es recibida es almacenada en tanques isotérmicos y posteriormente pasa a las cubas. Cuando haya alcanzado la temperatura de 27 a 31<sup>o</sup>C se le adiciona la simbiosis de cultivos lácticos y de cuajo. Se agita la leche por un tiempo de 2 a 3 minutos a fin de que el cuajo se distribuya uniformemente, después se deja en reposo tratando de que la leche no quede en movimiento; en ese estado de quietud se espera a que la leche gelifique el inicio de la coagulación será de 6 a 9 min. Coagulada la leche se procede al corte de la cuajada con liras manuales, una de hilos horizontales y otras de hilos verticales y terminada esta actividad se realiza una agitación con un agitador mecánico. Se detiene el agitador y se deja reposar la cuajada hasta alcanzar la consistencia deseada para que una vez finalizado el reposo se extrae parte del suero. Luego se realiza la fermentación de la cuajada y posterior a esto son colocadas las plantas sobre la cuajada en forma de prensa, poniéndose en la parte superior las pesas durante un tiempo aproximado de 20 a 30 min. Después de picada se pasa a la máquina de hiladura donde se le añade agua caliente con el propósito de unir todas las lascas en una masa única. Terminado el tiempo de hilado se forma un cordón auxiliado por un rodillo de madera suspendido a una altura conveniente. Durante la hiladura se añade a la masa hexametiltetramina. Al finalizar la hiladura se pica la masa y después de colocada la masa de queso dentro de los moldes, este conjunto es introducido en una piscina de agua fría. Terminado el proceso de atemperamiento los quesos son desmoldados y trasladados al local de salado donde son introducidos en la piscina de salmuera por un tiempo de no más de 6 días, además se polvorea la superficie no sumergida con sal común. Luego son secados los quesos. El producto una vez terminado en el evento de oreo, son cortados a la mitad y se colocan en bolsas de polietileno, se empacan al vacío mediante una máquina retractiladora.

### **5. Recursos necesarios:**

**5.1 Recursos materiales.** Leche cruda, Sal común, calseinato de calcio, Cuajo o enzimas coagulante, cloruro de calcio, envase, cultivos mesófilos, cultivos termofilos, papel de aluminio, grasa, agua y energía.

**5.2 Recursos Humanos:** Maestro quesero (Jefe de brigada) Operario A de elaboración de productos de la industria alimenticia. Operario B de elaboración de productos de la industria alimenticia.

**6. Documentación normativa:** **NC 78 – 21:84** Leche y sus Derivados. Quesos Azules, Especificaciones. **NEIAL 1601.01** Leche y sus Derivados. Proceso. **NC 78 – 20:84.** Leche y sus Derivados. Quesos Clasificación. **NC – 78 – 17.** Leche y sus Derivados. Quesos. Clasificación. **NC 38 – 02 – 07: 87** Requisitos de Higiene.

**7. Procesos del sistema con que se relaciona:** Producción de quesos fundidos, producción de requesón, dirección general, dirección de tecnología y desarrollo, compra/ventas, transporte y mantenimiento.

**8. Cadena-Proveedor.** Proveedores internos: RR.HH. Dirección General, Laboratorio, Proveedores Externos, UNILAC, Acueducto, UNE, Empresa pecuaria, Empresa Geominera Caimanera.

**9. Clientes Internos.** Trabajadores, línea de requesón, línea de fundido, laboratorio.

**10. Clientes externos.** Hotel Jagua, Cayo Santa María, Agencia Morón, Agencia Varadero.

### **11. Variables de control:**

1. Contaminación por microorganismos patógenos.
2. Contaminación con medicamentos, herbicidas y plaguicidas.
3. Parámetros organolépticos.

**12. Inspecciones:** NEIAL 1601.122: 2010, Instrucción SCC 2 14.01.02 -1: 2008.

**13. Indicadores del proceso:** % de producto no conforme, % de cumplimiento del contrato, consumo de energía.

## Anexos

---

**Anexo 42:** Caracterización cualitativa de las entradas y salidas del proceso de helado y queso. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la empresa.

**Tabla 1:** Caracterización cualitativa de las entradas del proceso de helado. **Fuente:** Elaboración propia.

Entradas	Características
Azúcar	Humedad: máximo 10% m/m
	Color: máximo 300 UI
Sal	Fina: de 0,2 a 1,2 mm
Estabilizador	Contiene partículas químicas que benefician la formación del gel
Leche	Aspecto: líquido sin suciedades visibles
	Color: desde blanco a blanco amarillento
Grasa	Consistencia: líquida o semisólida
Agua	Color: Transparente
	Olor: inodoro
	Sabor: Insípido y agradable
	PH: 6.5-8.0
	Turbidez: no detectable a simple vista
Diesel	Densidad: 1.17454m <sup>3</sup> /t
	Temperatura: ambiente
Energía eléctrica	Corriente trifásica, 440V, 60Hz

**Tabla 2:** Caracterización cualitativa de las salidas del proceso de helado. **Fuente:** Elaboración propia.

Salidas	Características
<b>Producto Final</b>	
Helado	Color: uniforme, típico al sabor que representa y a las materias primas utilizadas en su elaboración.
	Aspecto: homogéneo. Puede tener o no incorporaciones o inyecciones uniformemente distribuidas en toda la masa.
	Textura: cuerpo firme, suave al paladar. Derretimiento de acuerdo al producto que se trate.
	Sabor: definido al sabor que representa y a las materias primas empleadas en su elaboración. Dulzor de marcado a moderado.

Residuos líquidos	
Agua de limpieza de la línea.	Agua con cierta cantidad de helado producto al embarre que queda en los tanques.
Agua resultante de la limpieza química de equipos.	Agua con pH ácido y básico, según sea el caso.
Agua resultante de la limpieza de exterior de equipos, piso y paredes.	Agua sucia de limpieza, con aspecto ligeramente turbia.
Residuos sólidos	
Grasa	Sacos
Cartón	Cubos de grasa
Plásticos	

**Tabla 3:** Caracterización cualitativa de las entradas del proceso de queso. **Fuente:** Elaboración propia.

Entradas	Características
Leche	Aspecto: líquido sin suciedades visibles
	Color: desde blanco a blanco amarillento
Sal	Fina: de 0,2 a 1,2 mm
Cuajo	Aspecto: líquido
	Color: ámbar
	Olor y Sabor: neutro
	pH: 4.6 – 5.5
Agua	Color: Transparente
	Olor: inodoro
	Sabor: Insípido y agradable
	PH: 6.5-8.0
Fuel oil	Turbidez: no detectable a simple vista
	Densidad: 1.02327m <sup>3</sup> /t
	Temperatura: 45-500C
Energía eléctrica	Factor de viscosidad: 0.9787
	Corriente trifásica, 440V, 60Hz

**Tabla 4:** Caracterización cualitativa de las salidas del proceso de queso. **Fuente:** Elaboración propia.

Salidas	Características
<b>Producto Final</b>	
Queso	Color: uniforme, típico al tipo que representa y a las materias primas utilizadas en su elaboración.
	Aspecto: homogéneo.
	Textura: cuerpo firme, blando, semiduro, duro y extra duro.
	Olor y sabor: definido al sabor que representa y a las materias primas empleadas en su elaboración.
<b>Residuos líquidos</b>	
Agua de limpieza de la línea.	Agua con cierta cantidad de helado producto al embarre que queda en los tanques.
Agua resultante de la limpieza química de equipos.	Agua con pH ácido y básico, según sea el caso.
Agua resultante de la limpieza de exterior de equipos, piso y paredes.	Agua sucia de limpieza, con aspecto ligeramente turbia.
Suero de la leche	Derivado del proceso de coagulación de la leche, rico en proteínas y vitaminas
Agua hiladura	Derivado de la operación de hilado con alto contenido de grasa
<b>Residuos sólidos</b>	
Grasa	Recortes de papel aluminio
Cartón	Recortes de nylon
Sacos	-

## Anexos

**Anexo 43:** Consumo de agua, los portadores energéticos y la producción alcanzada por meses del año 2012 de la empresa y las plantas de helado y queso respectivamente.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de balance, registros lecturas y facturas de la empresa.

**Tabla 1:** Consumo de agua y portadores energéticos en la EPLE en el año 2012. **Fuente:** Balance y facturas de la empresa en 2012.

Mes	Agua (m <sup>3</sup> )	Energía eléctrica (MWh)	Diesel (m <sup>3</sup> )	Fuel Oil (m <sup>3</sup> )
Enero	20330,0	348,01	7,6	60,61
Febrero	23960,0	352,15	11,22	59,37
Marzo	20300,0	374,90	9,29	63,83
Abril	21570,0	398,10	12,28	60,9
Mayo	23520,0	415,40	9,98	66,04
Junio	25890,0	469,28	11,94	75,86
Julio	25070,0	466,47	8,71	82,63
Agosto	24270,0	490,60	10,83	76,12
Septiembre	26270,0	444,69	9,72	86,34
Octubre	22830,0	485,86	12,77	82,69
Noviembre	22420,0	412,02	11,18	77,94
Diciembre	21080,0	429,18	13,39	72,44
<b>Total</b>	<b>277510,0</b>	<b>5086,64</b>	<b>128,91</b>	<b>864,77</b>

**Tabla 2:** Consumo de agua, portadores energéticos y producción en la planta de helado en el año 2012. **Fuente:** Balance y facturas de la empresa en 2012.

Mes	Producción de helado (t)	Agua (m <sup>3</sup> )	Energía eléctrica (MWh)	Diesel(m <sup>3</sup> )
Enero	288,39	2215,97	142,356	7,6
Febrero	331,91	2611,64	167,64	11,22
Marzo	297,39	2212,7	148,19	9,29
Abril	414,77	2351,13	201,038	12,28
Mayo	332,13	2563,68	190,365	9,98
Junio	418,95	2822,01	223,957	11,94
Julio	259,81	2732,63	130,444	8,71
Agosto	323,55	2645,43	185,69	10,83
Septiembre	293,22	2863,43	144,735	9,72
Octubre	411,26	2488,47	236,522	12,77
Noviembre	381,14	2443,78	209,367	11,18
Diciembre	462,47	2297,72	213,847	13,39
<b>Total</b>	<b>4215,50</b>	<b>30248,59</b>	<b>2194,151</b>	<b>128,91</b>

**Tabla 3:** Consumo de portadores energéticos y producción en la Planta de queso en el año 2012. **Fuente:** Balance y facturas de la empresa en 2012.

Mes	Producción de queso (t)	Agua (m <sup>3</sup> )	Energía eléctrica (MWh)	Fuel Oil (m <sup>3</sup> )
Enero	103,7	11954,04	165,439	28,61
Febrero	107,9	14088,48	170,23	30,37
Marzo	89,9	11936,40	158,32	22,83
Abril	58,5	12683,16	148,694	20,9
Mayo	116,4	13829,76	180,963	38,04
Junio	91,7	15223,32	152,205	30,86
Julio	138,3	14741,16	185,72	39,63
Agosto	122,2	14270,76	175,586	32,12
Septiembre	121,8	15446,76	166,812	29,34
Octubre	128,6	13424,04	195,858	40,69
Noviembre	143,1	13182,96	210,913	45,94
Diciembre	127,9	12395,04	190,563	32,44
<b>Total</b>	<b>1350</b>	<b>163 175,88</b>	<b>2101,303</b>	<b>391,77</b>

## Anexos

**Anexo 44:** Consumo de materias primas alternativas en la producción de helado y queso para el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la empresa.

**Tabla 1:** Comportamiento del consumo de materias primas alternativas en la planta de helado.

Materias primas alternativas	Nivel de producción helado (cientos de ton)	IC normado (ton/cientos de ton)	IC real (ton/cientos de ton)	Consumo Normado de materia prima (ton)	Consumo Real de materia prima (ton)
Pulpa de Mango	0,1609	16,8987	17,7439	2,719	2,855
Sabor Caramelo	0,1869	0,0965	0,2511	0,0180	0,046931
Sabor Coco	3,3583	0,0866	0,0963	0,2909	0,323282
Sabor Fresa	7,5163	0,0877	0,0546	0,6589	0,410246
Sabor Guayaba	1,1412	0,1227	0,1158	0,1400	0,132168
Sabor Mantecado	0,1879	0,1346	0,1320	0,0253	0,024808
Sabor Naranja #1	3,5873	0,0892	0,0860	0,3201	0,308606
Sabor Piña	0,0697	0,0717	0,0101	0,004996	0,000701
Sabor Plátano	457,7743	0,0723	0,0004869	33,1137	0,222909
Sabor Vainilla	0,7335	0,0702	0,0588	0,0515	0,043126
Sabor Naranja #2	2,7672	71,7371	69,0409	198,511	191,05
Acido Cítrico 1	32,0962	0,0220	0,0221	0,707	0,710
Cocoa	11,1626	2,9140	2,8516	32,528	31,831
Color Amarillo # 1	12,2445	0.00098	0,0015	0,01204	0,018852
Color Amarillo # 2	17,4081	0,000890	0,0013	0,0155	0,022068
Color Caramelo	0,1869	0,5806	0,5715	0,108508	0,106816
Color Rojo # 4	11,5031	0,0027	0,0036	0,030788	0,041216
Pasta Moscatel	0,4148	5,6219	5,4725	2,332	2,270
Pasta Coco	0,5471	2,9081	4890,0329	1,591	2675,337
Pasta Fresa	4,5846	0,8550	0,8459	3,920	3,878
Pasta Naranja	0,4708	3,1351	3,0119	1,476	1,418
Pulpa de Coco	3,6199	16,8886	16,2695	61,135	58,894
Vainilla Etlíca	13,0659	0,0035	0,0031	0,045122	0,040316
Pasta Tiramisú	8,6181	0,3207	0,0325	2,764	2,416
Alcohol	13,0160	4,5228 L/ CT	5,8459 L/ CT	58,849 L	76,091 L

## Anexos

**Anexo 44:** Consumo de materias primas alternativas en la producción de helado y queso para el año 2012 (Continuación). **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la empresa.

**Tabla 2:** Comportamiento del consumo de materias primas alternativas en la planta de queso.

Materia prima	Producción de queso (t)	IC planificado (t/t)	IC real (t/t)	Consumo planificado (t)	Consumo Real (t)
Fosfato	979,3622	0,0058099	0,00184814	5,69	1,81
Harina de Soya	164,89614	0,04701747	0,02137709	7,753	3,525
Hexametil	374,1871	0,000767	0,00076165	0,287	0,285
Papel Aluminio	22,59389	0,00579803	0,00570951	0,131	0,129
Bicarbonato	986,6472	0	0,00282776	0	2,79
Sabor fundido	42.631 T	0	0.642021	0.000 Kg	27.370 Kg
Sal Fundente C	103.856	0	0.008182	0	0.850
Sorbato	917,7552	0,000815032	0,125361316	0,748	115,051
Acido Cítrico 1	1.51	0.000000	0.016556	0.000	0.025
Cloruro de	754,7203	0,002354515	0,000634672	1,777	0,479
Color Amarillo #1	164,478	0,008590815	0,061017279	1,413	10,036
Color Amarillo #2	93,819	0	0,029663501	0	2,783
Sabor Bacón	108.5735	0.000000	0.694645	0.000	75.420
Sabor Elemental	467,8879	0,670331447	0,723057748	313,640	338,310
Papel aluminio	22,5939	0,0057980	0,0057095	0,131	0,129

## Anexos

**Anexo 45:** Cantidad de agua que se consume en la planta de helado y queso. **Fuente:** Elaboración propia a partir del recorrido por la planta, las facturas de agua de la empresa y estimaciones hechas por los energéticos de la empresa.

Para realizar el cálculo estimado del consumo de agua se tomó como referencia el año 2012 entonces se tiene que la cantidad de agua que usa la planta de helado representa el 10,9% del total de la empresa.

**Tabla 1:** Desglose del consumo de agua (m<sup>3</sup>) desde enero-junio de cada una de las actividades que demandan este recurso natural en la planta de helado. **Fuente:** Elaboración propia a partir del recorrido por la planta, las facturas de agua de la empresa y estimaciones hechas por los energéticos de la empresa.

Meses	Meses					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
<b>Desglose del consumo</b>						
helado	140,70	165,82	140,49	149,28	162,77	179,18
Caldera	175,87	207,27	175,61	186,60	203,47	223,97
Reposición en condensador y bancos de hielo	35,17	41,45	35,12	37,32	40,69	44,79
Fregado de cubos	175,87	207,27	175,61	186,60	203,47	223,97
Limpieza de piso y paredes	351,74	414,55	351,22	373,20	406,93	447,94
Limpieza por fuera a equipos	351,74	414,55	351,22	373,20	406,93	447,94
Limpieza interna de línea	562,79	663,27	561,96	597,11	651,09	716,70
Área Comercial y Almacén	140,70	165,82	140,49	149,28	162,77	179,18
Edificio admón. y comedor	140,70	165,82	140,49	149,28	162,77	179,18
Baños de la planta	140,70	165,82	140,49	149,28	162,77	179,18
<b>TOTAL</b>	<b>2215,97</b>	<b>2611,64</b>	<b>2212,70</b>	<b>2351,13</b>	<b>2563,68</b>	<b>2822,01</b>

**Tabla 2:** Desglose del consumo de agua (m<sup>3</sup>) desde julio-diciembre y el total de cada una de las actividades que demandan este recurso natural en la planta de helado. **Fuente:** Elaboración propia a partir del recorrido por la planta, las facturas de agua de la empresa y estimaciones hechas por los energéticos de la empresa.

Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
173,50	167,96	181,81	158,00	155,16	145,89	<b>1920,55</b>
216,88	209,95	227,26	197,50	193,95	182,36	<b>2400,68</b>
43,38	41,99	45,45	39,50	38,79	36,47	<b>480,14</b>
216,88	209,95	227,26	197,50	193,95	182,36	<b>2400,68</b>
433,75	419,91	454,51	395,00	387,90	364,72	<b>4801,36</b>
433,75	419,91	454,51	395,00	387,90	364,72	<b>4801,36</b>
694,00	671,86	727,22	631,99	620,64	583,55	<b>7682,18</b>
173,50	167,96	181,81	158,00	155,16	145,89	<b>1920,55</b>
173,50	167,96	181,81	158,00	155,16	145,89	<b>1920,54</b>

## Anexos

173,50	167,96	181,81	158,00	155,16	145,89	<b>1920,55</b>
<b>2732,63</b>	<b>2645,43</b>	<b>2863,43</b>	<b>2488,47</b>	<b>2443,78</b>	<b>2297,72</b>	<b>30248,59</b>

**Tabla 3:** Desglose del consumo de agua (m<sup>3</sup>) desde enero-junio de cada una de las actividades que demandan este recurso natural en la planta de queso. **Fuente:** Elaboración propia a partir del recorrido por la planta, las facturas de agua de la empresa y estimaciones hechas por los energéticos de la empresa.

Meses Desglose del consumo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
	queso	35,06	41,32	35,00	37,19	40,56
Esterilización de línea	175,28	206,58	175,02	185,97	202,78	223,22
Fregado de Carros en transporte	1752,79	2065,76	1750,21	1859,70	2027,82	2232,16
Limpieza de pisos	701,12	826,30	700,08	743,88	811,13	892,86
Reposición de bancos de hielo	350,56	413,15	350,04	371,94	405,56	446,43
Reposición de agua en condensadores	70,11	82,63	70,01	74,39	81,11	89,29
Proceso de coagulación de la leche	6941,06	8180,41	6930,81	7364,42	8030,18	8839,35
Limpieza de cubas internas y moldes	736,17	867,62	735,09	781,07	851,69	937,51
Limpieza de pipas	1051,68	1239,46	1050,12	1115,82	1216,69	1339,30
Baños	105,17	123,95	105,01	111,58	121,67	133,93
limpieza de neveras	35,06	41,32	35,00	37,19	40,56	44,64
<b>TOTAL</b>	<b>11954,04</b>	<b>14088,48</b>	<b>11936,40</b>	<b>12683,16</b>	<b>13829,76</b>	<b>15223,32</b>

**Tabla 4:** Desglose del consumo de agua (m<sup>3</sup>) desde julio-diciembre y el total de cada una de las actividades que demandan este recurso natural en la planta de queso. **Fuente:** Elaboración propia a partir del recorrido por la planta, las facturas de agua de la empresa y estimaciones hechas por los energéticos de la empresa.

Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
43,23	41,85	45,30	39,37	38,66	36,35	<b>478,52</b>
216,15	209,25	226,49	196,83	193,30	181,75	<b>2392,61</b>
2161,46	2092,49	2264,92	1968,33	1932,99	1817,45	<b>23926,08</b>
864,58	836,99	905,97	787,33	773,19	726,98	<b>9570,43</b>
432,29	418,50	452,98	393,67	386,60	363,49	<b>4785,21</b>
86,46	83,70	90,60	78,73	77,32	72,70	<b>957,04</b>
8559,38	8286,25	8969,09	7794,60	7654,62	7197,12	<b>94747,28</b>
907,81	878,84	951,27	826,70	811,85	763,33	<b>10048,95</b>
1296,88	1255,49	1358,95	1181,00	1159,79	1090,47	<b>14355,64</b>
129,69	125,55	135,90	118,10	115,98	109,05	<b>1435,56</b>
43,23	41,85	45,30	39,37	38,66	36,35	<b>478,52</b>
<b>14741,16</b>	<b>14270,76</b>	<b>15446,76</b>	<b>13424,04</b>	<b>13182,96</b>	<b>12395,04</b>	<b>163175,88</b>

## Anexos

**Anexo 46:** Análisis de regresión entre las variables consumo de agua (m<sup>3</sup>) y la producción de helado (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Variable dependiente: Consumo de agua en planta helado (m<sup>3</sup>)

Variable independiente: Producción de helado (t)

Selección de la Variable: Meses

**Tabla 1:** Comparación de Modelos Alternos. **Fuente:** Elaboración propia.

Modelo	Correlación	R-Cuadrada	Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Cuadrado Doble	-0,1982	3,93%	Raíz Cuadrada-Y Log-X	-0,1718	2,95%
Cuadrado de Y	-0,1930	3,73%	Exponencial	-0,1709	2,92%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	-0,1910	3,65%	Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	0,1685	2,84%
Cuadrado-Y Log-X	-0,1894	3,59%	Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	-0,1679	2,82%
Cuadrado de X	-0,1889	3,57%	Inversa-Y Cuadrado-X	0,1666	2,78%
Cuadrado-Y Inversa de X	0,1875	3,51%	Multiplicativa	-0,1653	2,73%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	-0,1838	3,38%	Curva S	0,1616	2,61%
Lineal	-0,1826	3,34%	Inversa de Y	0,1581	2,50%
Raíz Cuadrada de X	-0,1801	3,24%	Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	0,1545	2,39%
Log-Y Cuadrado-X	-0,1784	3,18%	Inversa-Y Log-X	0,1514	2,29%
Logaritmo de X	-0,1780	3,17%	Doble Inverso	-0,1469	2,16%
Raíz Cuadrada de Y	-0,1769	3,13%	Logístico	<sin ajuste>	
Inversa de X	0,1751	3,07%	Log probit	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada Doble	-0,1741	3,03%			

**Tabla 2:** Coeficientes del modelo Cuadrado Doble. **Fuente:** Elaboración propia.

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	7,01449E6	1,01824E6	6,88883	0,0000
Pendiente	-4,83185	7,55797	-0,639305	0,5370

**Tabla 3:** Análisis de Varianza. **Fuente:** Elaboración propia.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	5,5401E11	1	5,5401E11	0,41	0,5370
Residuo	1,3555E13	10	1,3555E12		
Total (Corr.)	1,41091E13	11			

La ecuación del modelo ajustado es:  $y = \sqrt{7,01449E6 - 4,83185 \cdot x^2}$

## Anexos

De los modelos ajustados el modelo el modelo doble cuadrado es el que arroja el valor más alto de R-Cuadrada con 3,92662%, por lo que ninguno de los tipos de regresión probadas describe la variabilidad del consumo de agua.

De manera general se comprueba que no hay una relación estadísticamente significativa entre consumo de agua en planta helado y producción de helado, debido a que el valor-P en la tabla ANOVA es mayor o igual a 0,05 con un nivel de confianza del 95,0% ó más. El coeficiente de correlación es igual a -0,198157, indicando una relación relativamente débil entre las variables.

Al realizar el análisis de regresión entre las variables se tiene que los datos provienen de una Muestra Aleatoria Simple y los **supuestos** que se deben cumplir son:  $e \sim N(0, \sigma_{cte}^2)$  y  $\sigma_A^2 = \sigma_B^2$ .

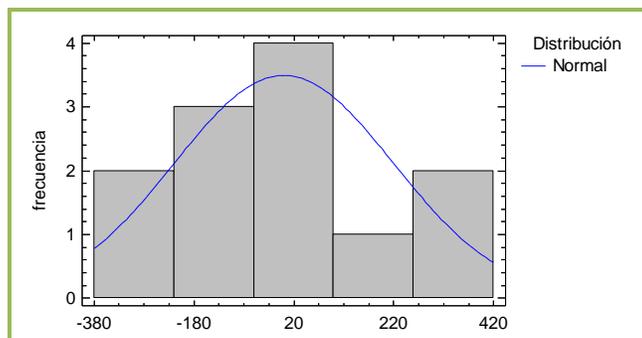
**Distribución Normal** (Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS, Prueba de Kolmogorov-Smirnov)

El histograma de frecuencia de la **Figura 1**, tiene un comportamiento análogo a la campana de Gauss. Para comprobar el criterio de que los residuos siguen una distribución normal se realiza esta prueba para residuos (ver **Tabla 4**), de la cual se obtuvo que valor-P es mayor ó igual a 0,05, por lo que no se puede rechazar la idea de que los residuos provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

**Tabla 4:** Pruebas de Bondad de Ajuste para residuos. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

**Fuente:** Elaboración propia.

	Normal
DMAS	0,104509
DMENOS	0,102995
DN	0,104509
Valor-P	0,999435



**Figura 1:** Histograma de frecuencia para residuales. **Fuente:** Elaboración propia.

## Anexos

---

### Media ( $\bar{X} = 0$ )

Se realiza la prueba de hipótesis para residuos donde los:

$$\bar{X} = -0,0000133333$$

$$\text{Mediana muestral} = 4,79232$$

$$\sigma = 219,243$$

Prueba t

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

$$\text{Estadístico t} = -2,10671\text{E-}7$$

$$\text{Valor-P} = 1,0$$

Puesto que el valor p en la prueba t es mayor a 0.05, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula para  $\alpha=0,05$  con un nivel de confianza del 95,0% de confianza; entonces se puede afirmar que se cumple el supuesto de que la media de los residuos es igual a cero.

Es importante destacar que no se puede verificar el cumplimiento el tercer supuesto en ninguno de los casos que se analizan ya que existe solamente una variable independiente (producción).

## Anexos

**Anexo 47:** Análisis de regresión entre las variables consumo de agua (m<sup>3</sup>) y la producción de queso (t). **Fuente:** Elaboración propia.

### Análisis de regresión

Variable dependiente: Consumo de agua planta queso (m<sup>3</sup>)

Variable independiente: Producción de queso (t)

Selección de la Variable: Meses

**Tabla 1:** Comparación de Modelos Alternos. **Fuente:** Elaboración propia.

Modelo	Correlación	R-Cuadrada	Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Inversa-Y Log-X	-0,2965	8,79%	Inversa-Y Cuadrado-X	-0,2766	7,65%
Doble Inverso	0,2944	8,67%	Raíz Cuadrada de X	0,2761	7,62%
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	-0,2944	8,67%	Raíz Cuadrada de Y	0,2750	7,56%
Inversa de Y	-0,2902	8,42%	Cuadrado-Y Log-X	0,2719	7,39%
Curva S	-0,2897	8,39%	Lineal	0,2696	7,27%
Multiplicativa	0,2890	8,35%	Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,2661	7,08%
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0,2870	8,24%	Log-Y Cuadrado-X	0,2647	7,01%
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,2856	8,16%	Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,2586	6,69%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,2850	8,12%	Cuadrado de Y	0,2585	6,68%
Inversa de X	-0,2842	8,07%	Cuadrado de X	0,2524	6,37%
Raíz Cuadrada Doble	0,2809	7,89%	Cuadrado Doble	0,2396	5,74%
Logaritmo de X	0,2808	7,88%	Logístico	<sin ajuste>	
Exponencial	0,2802	7,85%	Log probit	<sin ajuste>	
Cuadrado-Y Inversa de X	-0,2778	7,72%			

**Tabla 2:** Coeficientes del modelo Cuadrado Doble

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	0,000111395	0,0000380591	2,9269	0,0151
Pendiente	-0,00000794353	0,00000809106	-0,981766	0,3494

**Tabla 3:** Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	4,22597E-11	1	4,22597E-11	0,96	0,3494
Residuo	4,3844E-10	10	4,3844E-11		
Total (Corr.)	4,807E-10	11			

La ecuación del modelo ajustado es:  $y = 1/(0,000111395 - 0,00000794353 \cdot \ln(x))$

## Anexos

De los modelos ajustados el modelo el modelo Inversa-Y Log-X es el que arroja el valor más alto de R-Cuadrada con 8.79%, por lo que ninguno de los tipos de regresión probadas describen la variabilidad del consumo de agua.

De manera general se comprueba que no hay una relación estadísticamente significativa entre consumo de agua en planta queso y producción de queso, debido a que el valor-P en la tabla ANOVA de todos los modelos analizados es mayor o igual a 0,05 con un nivel de confianza del 95,0% ó más. El coeficiente de correlación es igual a -0,296501, indicando una relación relativamente débil entre las variables.

Al realizar el análisis de regresión entre las variables se tiene que los datos provienen de una Muestra Aleatoria Simple y los **supuestos** que se deben cumplir son:  $e \sim N(0, \sigma_{cte}^2)$  y  $\sigma_A^2 = \sigma_B^2$ .

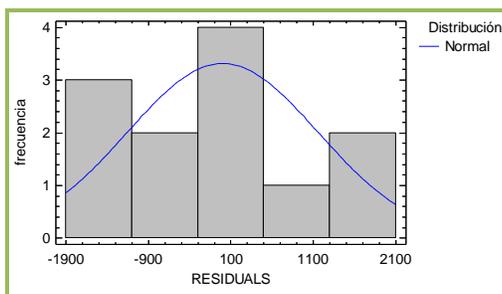
**Distribución Normal** (Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS, Prueba de Kolmogorov-Smirnov)

Se puede observar el histograma de frecuencia de la **Figura 1**, que es similar tiene un comportamiento análogo a la campana de Gauss. Para comprobar el criterio de que los residuos siguen una distribución normal se realiza esta prueba para residuos (ver **Tabla 4**), de la cual se obtuvo que valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, por lo que no se puede rechazar la idea de que los residuos provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

**Tabla 4:** Pruebas de Bondad de Ajuste para residuos. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

**Fuente:** Elaboración propia.

	Normal
DMAS	0,138642
DMENOS	0,114353
DN	0,138642
Valor-P	0,975183



**Figura 1:** Histograma de frecuencia para residuales. **Fuente:** Elaboración propia.

## Anexos

---

### Media ( $\bar{X} = 0$ )

Se realiza la prueba de hipótesis para residuos donde:

$$\bar{X} = -0,00045$$

Mediana muestral = 93,7803

$$\sigma = 1155,78$$

Prueba t

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

Estadístico t = -0,00000134873

Valor-P = 0,999999

Puesto que el valor p en la prueba t es mayor a 0.05, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula para  $\alpha=0,05$  con un nivel de confianza del 95,0% de confianza; entonces se puede afirmar que se cumple el supuesto de que la media de los residuos es igual a cero.

## Anexos

**Anexo 48:** Análisis de regresión entre las variables consumo de energía eléctrica (MWh) y la producción de helado (t). **Fuente:** Elaboración propia.

### Análisis de regresión

Variable dependiente: Consumo energía eléctrica en helado (MWh)

Variable independiente: Producción de helado (t)

Selección de la Variable: Meses

**Tabla 1:** Comparación de Modelos Alternos. **Fuente:** Elaboración propia.

Modelo	Correlación	R-Cuadrada	Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Curva S	-0,9319	86,84%	Lineal	0,8993	80,87%
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0,9315	86,77%	Raíz Cuadrada de Y	0,8976	80,57%
Inversa de X	-0,9293	86,36%	Cuadrado de Y	0,8969	80,45%
Doble Inverso	0,9274	86,01%	Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	-0,8948	80,07%
Cuadrado-Y Inversa de X	-0,9196	84,57%	Exponencial	0,8940	79,93%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,9174	84,17%	Inversa de Y	-0,8816	77,71%
Logaritmo de X	0,9173	84,14%	Cuadrado Doble	0,8768	76,87%
Multiplicativa	0,9157	83,85%	Cuadrado de X	0,8762	76,77%
Cuadrado-Y Log-X	0,9115	83,08%	Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,8730	76,21%
Raíz Cuadrada de X	0,9090	82,62%	Log-Y Cuadrado-X	0,8679	75,32%
Raíz Cuadrada Doble	0,9082	82,48%	Inversa-Y Cuadrado-X	-0,8523	72,65%
Inversa-Y Log-X	-0,9069	82,25%	Logístico	<sin ajuste>	
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,9055	81,99%	Log probit	<sin ajuste>	
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,9050	81,89%			

**Tabla 2:** Coeficientes del modelo lineal. **Fuente:** Elaboración propia.

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	20,5868	25,7042	0,800912	0,4418
Pendiente	0,468592	0,0720784	6,50114	0,0001

**Tabla 3:** Análisis de Varianza. **Fuente:** Elaboración propia.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	10006,3	1	10006,3	42,26	0,0001
Residuo	2367,52	10	236,752		
Total (Corr.)	12373,8	11			

La ecuación del modelo ajustado es:  $y = 20,5868 + 0,468592 \cdot x$

## Anexos

De los modelos ajustados el modelo curva-S es el que arroja el valor más alto de R-Cuadrada, pero este es solo 5,97812% mayor que el modelo lineal, por lo que se selecciona el más simple que en este caso es el lineal.

De manera general se comprueba que hay una relación estadísticamente significativa entre consumo de energía eléctrica en planta helado y producción de helado, debido a que el valor-P en la tabla ANOVA de todos los modelos analizados es menor o igual a 0,05 con un nivel de confianza del 95,0% ó más. El coeficiente de correlación es igual a 0,899259, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables.

Al realizar el análisis de regresión entre las variables se tiene que los datos provienen de una Muestra Aleatoria Simple y los **supuestos** que se deben cumplir son:  $e \sim N(0, \sigma_{cte}^2)$  y  $\sigma_A^2 = \sigma_B^2$ .

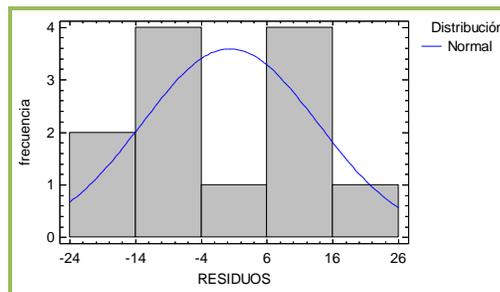
**Distribución Normal** (Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS, Prueba de Kolmogorov-Smirnov)

Se puede observar el histograma de frecuencia de la **Figura 1**, que es similar tiene un comportamiento análogo a la campana de Gauss. Para comprobar el criterio de que los residuos siguen una distribución normal se realiza esta prueba para residuos (ver **Tabla 4**), de la cual se obtuvo que valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, por lo que no se puede rechazar la idea de que los residuos provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

**Tabla 4:** Pruebas de Bondad de Ajuste para residuos. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

**Fuente:** Elaboración propia.

	Normal
DMAS	0,137358
DMENOS	0,150672
DN	0,150672
Valor-P	0,948154



**Figura 1:** Histograma de frecuencia para residuales. **Fuente:** Elaboración propia.

## Anexos

---

### Media ( $\bar{X} = 0$ )

Se realiza la prueba de hipótesis para residuos donde:

$$\bar{X} = 0,341877$$

$$\text{Mediana Muestral} = 0,57997$$

$$\sigma = 13,3277$$

#### Prueba t

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

$$\text{Estadístico t} = 0,0888597$$

$$\text{Valor-P} = 0,930791$$

Puesto que el valor p en la prueba t es mayor a 0.05, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula para  $\alpha=0,05$  con un nivel de confianza del 95,0% de confianza; entonces se puede afirmar que se cumple el supuesto de que la media de los residuos es igual a cero.

## Anexos

**Anexo 49:** Análisis de regresión entre las variables consumo de energía eléctrica (MWh) y la producción de queso (t). **Fuente:** Elaboración propia.

### Análisis de regresión

Variable dependiente: Consumo energía eléctrica queso (MWh)

Variable independiente: Producción de queso (t)

Selección de la Variable: Meses

**Tabla 1:** Comparación de Modelos Alternos. **Fuente:** Elaboración propia.

Modelo	Correlación	R-Cuadrada	Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Inversa-Y Cuadrado-X	-0,9279	86,09%	Raíz Cuadrada de X	0,8577	73,57%
Log-Y Cuadrado-X	0,9195	84,56%	Multiplicativa	0,8509	72,40%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,9145	83,63%	Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,8411	70,75%
Cuadrado de X	0,9088	82,59%	Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,8379	70,20%
Inversa de Y	-0,9086	82,55%	Logaritmo de X	0,8309	69,04%
Cuadrado Doble	0,8957	80,22%	Doble Inverso	0,8109	65,76%
Exponencial	0,8953	80,15%	Cuadrado-Y Log-X	0,8091	65,47%
Lineal	0,8797	80,12%	Curva S	-0,7892	62,29%
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	-0,8913	79,44%	Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0,7777	60,48%
Raíz Cuadrada de Y	0,8878	78,81%	Inversa de X	-0,7658	58,65%
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,8756	76,67%	Cuadrado-Y Inversa de X	-0,7410	54,90%
Inversa-Y Log-X	-0,8688	75,49%	Logístico	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada Doble	0,8669	75,16%	Log probit	<sin ajuste>	
Cuadrado de Y	0,8620	74,30%			

**Tabla 2:** Coeficientes del modelo lineal. **Fuente:** Elaboración propia.

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	98,0683	13,4377	7,29799	0,0000
Pendiente	0,684803	0,117061	5,84996	0,0002

**Tabla 3:** Análisis de Varianza. **Fuente:** Elaboración propia.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2931,98	1	2931,98	34,22	0,0002
Residuo	856,753	10	85,6753		
Total (Corr.)	3788,73	11			

La ecuación del modelo ajustado es:  $y = 98,0683 + 0,684803 \cdot x$

## Anexos

De los modelos ajustados el modelo Y-inversa X-cuadrada es el que arroja el valor más alto de R-Cuadrada, pero este es solo 5,9701% mayor que el modelo lineal, por lo que se selecciona el más simple que en este caso es el lineal.

De manera general se comprueba que hay una relación estadísticamente significativa entre consumo de energía eléctrica (MWh) y la producción de queso (t), debido a que el valor-P en la tabla ANOVA de todos los modelos analizados es menor o igual a 0,05 con un nivel de confianza del 95,0% ó más. El coeficiente de correlación es igual a 0,8797, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables.

Al realizar el análisis de regresión entre las variables se tiene que los datos provienen de una Muestra Aleatoria Simple y los **supuestos** que se deben cumplir son:  $e \sim N(0, \sigma_{cte}^2)$  y  $\sigma_A^2 = \sigma_B^2$ .

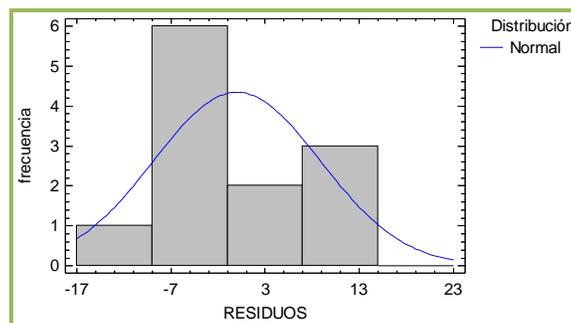
**Distribución Normal** (Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS, Prueba de Kolmogorov-Smirnov)

Se puede observar el histograma de frecuencia de la **Figura 1**, que es similar tiene un comportamiento análogo a la campana de Gauss. Para comprobar el criterio de que los residuos siguen una distribución normal se realiza esta prueba para residuos (ver **Tabla 4**), de la cual se obtuvo que valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, por lo que no se puede rechazar la idea de que los residuos provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

**Tabla 4:** Pruebas de Bondad de Ajuste para residuos. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

**Fuente:** Elaboración propia.

	<i>Normal</i>
DMAS	0,142428
DMENOS	0,114734
DN	0,142428
Valor-P	0,968018



**Figura 1:** Histograma de frecuencia para residuales. **Fuente:** Elaboración propia.

## Anexos

---

### Media ( $\bar{X} = 0$ )

Se realiza la prueba de hipótesis para residuos donde:

$$\bar{X} = 0,0000108333$$

$$\text{Mediana Muestral} = -1,52027$$

$$\sigma = 8,82535$$

#### Prueba t

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

$$\text{Estadístico t} = 0,00000425227$$

$$\text{Valor-P} = 0,999997$$

Puesto que el valor p en la prueba t es mayor a 0.05, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula para  $\alpha=0,05$  con un nivel de confianza del 95,0% de confianza; entonces se puede afirmar que se cumple el supuesto de que la media de los residuos es igual a cero.

## Anexos

**Anexo 50:** Análisis de regresión entre las variables consumo de diesel (m<sup>3</sup>) y la producción de helado (t). **Fuente:** Elaboración propia.

### Análisis de regresión

Variable dependiente: Consumo diesel en planta helado (m<sup>3</sup>)

Variable independiente: Producción de helado (t)

Selección de la Variable: Consumo diesel en planta helado

**Tabla 1:** Comparación de Modelos Alternos.

Modelo	Correlación	R-Cuadrada	Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Cuadrado de Y	0,9373	87,86%	Curva S	-0,9049	81,89%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,9373	87,85%	Multiplicativa	0,9042	81,75%
Cuadrado-Y Log-X	0,9360	87,60%	Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,9017	81,30%
Cuadrado Doble	0,9337	87,18%	Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,9016	81,28%
Cuadrado-Y Inversa de X	-0,9291	86,32%	Exponencial	0,8979	80,63%
Logaritmo de X	0,9243	85,43%	Log-Y Cuadrado-X	0,8869	78,66%
Raíz Cuadrada de X	0,9236	85,31%	Doble Inverso	0,8798	77,40%
Lineal	0,9217	84,96%	Inversa-Y Log-X	-0,8756	76,67%
Inversa de X	-0,9213	84,88%	Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	-0,8715	75,95%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,9153	83,78%	Inversa de Y	-0,8661	75,01%
Cuadrado de X	0,9143	83,59%	Inversa-Y Cuadrado-X	-0,8520	72,59%
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0,9142	83,58%	Logístico	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada Doble	0,9137	83,49%	Log probit	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada de Y	0,9108	82,96%			

**Tabla 2:** Coeficientes del modelo lineal. **Fuente:** Elaboración propia.

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	2,0187	1,17862	1,71276	0,1175
Pendiente	0,0248365	0,00330503	7,51475	0,0000

**Tabla 3:** Análisis de Varianza. **Fuente:** Elaboración propia.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	28,1102	1	28,1102	56,47	0,0000
Residuo	4,97778	10	0,497778		
Total (Corr.)	33,088	11			

La ecuación del modelo ajustado es:  $y = 2,0187 + 0,0248365 \cdot x$

## Anexos

De los modelos ajustados el modelo Y-cuadrada es el que arroja el valor más alto de R-Cuadrada, pero este es solo 2,9022% mayor que el modelo lineal, por lo que se selecciona el más simple que en este caso es el lineal.

De manera general se comprueba que hay una relación estadísticamente significativa entre consumo de diesel ( $m^3$ ) y la producción de helado (t), debido a que el valor-P en la tabla ANOVA de todos los modelos analizados es menor o igual a 0,05 con un nivel de confianza del 95,0% ó más. El coeficiente de correlación es igual a 0,9217, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables.

Al realizar el análisis de regresión entre las variables se tiene que los datos provienen de una Muestra Aleatoria Simple y los **supuestos** que se deben cumplir son:  $e \sim N(0, \sigma_{cte}^2)$  y  $\sigma_A^2 = \sigma_B^2$ .

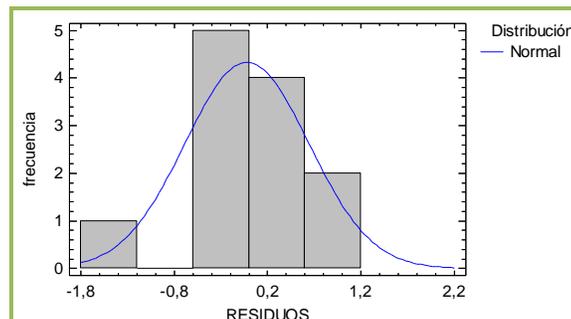
**Distribución Normal** (Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS, Prueba de Kolmogorov-Smirnov)

Se puede observar el histograma de frecuencia de la **Figura 1**, que es similar tiene un comportamiento análogo a la campana de Gauss. Para comprobar el criterio de que los residuos siguen una distribución normal se realiza esta prueba para residuos (ver **Tabla 4**), de la cual se obtuvo que valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, por lo que no se puede rechazar la idea de que los residuos provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

**Tabla 4:** Pruebas de Bondad de Ajuste para residuos. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

**Fuente:** Elaboración propia.

	Normal
DMAS	0,097695
DMENOS	0,158055
DN	0,158055
Valor-P	0,925287



**Figura 1:** Histograma de frecuencia para residuales. **Fuente:** Elaboración propia.

## Anexos

---

### Media ( $\bar{X} = 0$ )

Se realiza la prueba de hipótesis para residuos donde:

$$\bar{X} = -0,021209$$

$$\text{Mediana Muestral} = 0,001178$$

$$\sigma = 0,663043$$

#### Prueba t

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

$$\text{Estadístico } t = -0,110808$$

$$\text{Valor-P} = 0,913765$$

Puesto que el valor p en la prueba t es mayor a 0.05, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula para  $\alpha=0,05$  con un nivel de confianza del 95,0% de confianza; entonces se puede afirmar que se cumple el supuesto de que la media de los residuos es igual a cero.

## Anexos

**Anexo 51:** Análisis de regresión entre las variables consumo de fuel oil ( $m^3$ ) y la producción de queso (t). **Fuente:** Elaboración propia.

### Análisis de regresión

Variable dependiente: Consumo de Fuel Oil en queso ( $m^3$ )

Variable independiente: Producción de queso (t)

Selección de la Variable: Meses

**Tabla 1:** Comparación de Modelos Alternos. **Fuente:** Elaboración propia.

Modelo	Correlación	R-Cuadrada	Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Inversa de Y	-0,8955	80,19%	Cuadrado Doble	0,8486	72,02%
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	-0,8935	79,84%	Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,8386	70,32%
Inversa-Y Cuadrado-X	-0,8877	78,80%	Raíz Cuadrada de X	0,8372	70,10%
Inversa-Y Log-X	-0,8870	78,67%	Curva S	-0,8187	67,02%
Log-Y Cuadrado-X	0,8864	78,58%	Logaritmo de X	0,8173	66,79%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,8810	77,62%	Cuadrado de Y	0,8172	66,78%
Exponencial	0,8803	77,49%	Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,7956	63,29%
Cuadrado de X	0,8726	76,15%	Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0,7938	63,01%
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,8711	75,89%	Cuadrado-Y Log-X	0,7701	59,31%
Lineal	0,8531	75,77%	Inversa de X	-0,7670	58,83%
Raíz Cuadrada de Y	0,8680	75,35%	Cuadrado-Y Inversa de X	-0,7106	50,50%
Doble Inverso	0,8607	74,07%	Logístico	<sin ajuste>	
Multiplicativa	0,8576	73,55%	Log probit	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada Doble	0,8555	73,18%			

**Tabla 2:** Coeficientes del modelo lineal. **Fuente:** Elaboración propia.

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	3,17784	5,81652	0,546348	0,5968
Pendiente	0,261953	0,0506699	5,16978	0,0004

**Tabla 3:** Análisis de Varianza. **Fuente:** Elaboración propia.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	429,018	1	429,018	26,73	0,0004
Residuo	160,521	10	16,0521		
Total (Corr.)	589,538	11			

## Anexos

La ecuación del modelo ajustado es:  $y = 3,17784 + 0,261953 \cdot x$

De los modelos ajustados el modelo recíproca I-Y es el que arroja el valor más alto de R-Cuadrada, pero este es solo 4.42% mayor que el modelo lineal, por lo que se selecciona el más simple que en este caso es el lineal.

Se comprueba que hay una relación estadísticamente significativa entre consumo de fuel oil ( $m^3$ ) y la producción de queso (t), debido a que el valor-P en la tabla ANOVA es menor o igual a 0,05 con un nivel de confianza del 95,0% ó más. El coeficiente de correlación es 0,8531, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables.

Al realizar el análisis de regresión entre las variables se tiene que los datos provienen de una Muestra Aleatoria Simple y los **supuestos** que se deben cumplir son:  $e \sim N(0, \sigma_{cte}^2)$  y  $\sigma_A^2 = \sigma_B^2$ .

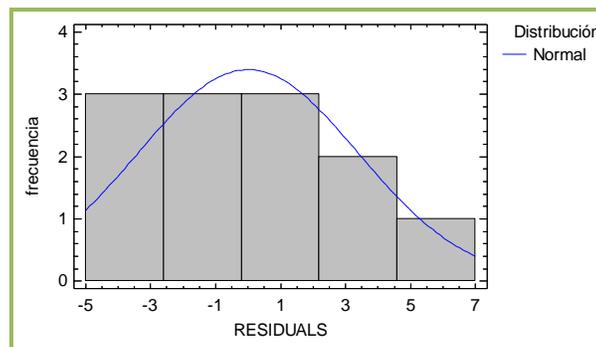
**Distribución Normal** (Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS, Prueba de Kolmogorov-Smirnov)

El histograma de frecuencia de la **Figura 1**, tiene un comportamiento análogo a la campana de Gauss. Para comprobar el criterio de que los residuos siguen una distribución normal se realiza esta prueba para residuos (ver **Tabla 4**), de la cual se obtuvo que valor-P es mayor ó igual a 0,05, por lo que no se puede rechazar la idea de que los residuos provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

**Tabla 4:** Pruebas de Bondad de Ajuste para residuos. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

**Fuente:** Elaboración propia.

	Normal
DMAS	0,118577
DMENOS	0,101403
DN	0,118577
Valor-P	0,995926



**Figura 1:** Histograma de frecuencia para residuales. **Fuente:** Elaboración propia.

## Anexos

---

### Media ( $\bar{X} = 0$ )

Se realiza la prueba de hipótesis para residuos donde:

$$\bar{X} = -5, E - 7$$

Mediana Muestral = -0,179152

$$\sigma = 3,38599$$

#### Prueba t

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

$$\text{Estadístico } t = -5,11535E-7$$

$$\text{Valor-P} = 1,0$$

Puesto que el valor p en la prueba t es mayor a 0.05, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula para  $\alpha=0,05$  con un nivel de confianza del 95,0% de confianza; entonces se puede afirmar que se cumple el supuesto de que la media de los residuos es igual a cero.

**Anexo 52:** Características de subproductos resultantes de la planta de helado y queso.

**Fuente:** Elaboración propia.

- 🌐 El helado mezclado se obtiene entre una producción y otra. Cuando se está haciendo helado de un determinado sabor y se cambia para otro; resulta ser un gusto no definido dentro de la gama de sabores que se encuentra por norma ya que es la combinación de los dos. Por no tener las especificaciones de calidad requerida se vende al propio comedor de la entidad o a organismos estatales como helado de segunda a un precio promedio de 4.50CUP por cada galón.
- 🌐 La Cuajada se obtiene cuando a la leche que está en las cubas a temperatura por norma, se le añade cuajo suficiente (una de las materias primas fundamentales del proceso) con el objetivo de que la leche coagule y es entonces cuando se forma la cuajada. Para que esta masa se halla formado de la mejor manera debe tener cierta consistencia. Este o bien es utilizado en el momento para el proceso o se guarda para ser consumida en el tiempo que no es primavera ya que hay menor cantidad de leche y por tanto se dificulta la obtención en la cantidad requerida.

## Anexos

**Anexo 53:** Especificaciones de calidad del Helado Crema y queso Cumanayagua. **Fuente:** NC 47: 2009 y NEIAL1601.122: 2010.

El helado crema según lo establecido en la norma debe cumplir con los requisitos químicos según lo establecido en la tabla siguiente:

**Tabla 1:** Requisitos físico-químicos de los helados según composición e ingredientes esenciales. **Fuente:** NC 47: 2009.

Ingredientes Composición	Grupos								
	Grasas de leche y proteínas de leche				Grasas de leche y/u otras grasas y proteínas de leche		Grasas de leche y/u otras grasas y proteínas		Solo las grasas y proteínas que sean componentes naturales de los ingredientes o aditivos permitidos
Subgrupo	1	2	3	4	1	4	2	3	5
% de ST	37	30	25	30	37	30	30	25	24
% de grasa	12	8	2	1<2	12	1<2	8	2	-
<p><b>NOTAS</b></p> <p>a) ST- sólidos totales</p> <p>b) Las cifras se refieren a % m/m mínimo a menos que se haga otra indicación.</p> <p>c) Grupo se refiere a la clasificación por ingredientes esenciales.</p> <p>d) Los subgrupos se refieren a la clasificación por contenido de grasa.</p> <p>Subgrupo 1 Helado Especial de Crema</p> <p>Subgrupo 2 Helado Crema</p> <p>Subgrupo 3 Helado Leche</p> <p>Subgrupo 4 Helado Sorbete</p> <p>Subgrupo 5 Helado de Agua</p>									

El queso Cumanayagua según lo establecido en la norma debe cumplir con los requisitos químicos según lo establecido en la tabla siguiente:

**Tabla 2:** Requisitos físico-químicos del queso Cumanayagua según composición e ingredientes esenciales. **Fuente:** NEIAL1601.122: 2010.

Contenido mínimo de MG/Es (%)	40
Humedad máxima (%)	50

## Anexos

---

**Anexo 54:** Valores de porcentaje de grasa y sólidos totales en helado tomados de forma aleatoria en los distintos meses del año 2012. **Fuente:** Elaboración propia.

Observaciones	G (%)	S <sub>T</sub> (%)	Observaciones	G (%)	S <sub>T</sub> (%)
1	17,55	37,45	26	18,21	37,10
2	16,01	35,62	27	15,7	36,02
3	15,01	38,02	28	18,81	38,21
4	15,9	37,15	29	15,79	39,21
5	17,54	37,14	30	17,32	37,27
6	22,5	38,15	31	20,88	38,30
7	19,61	36,95	32	20,34	37,12
8	18,22	37,02	33	17,87	38,21
9	23,13	35,98	34	15,56	36,70
10	16,92	38,22	35	14,38	38,10
11	13,49	37,19	36	18,92	37,06
12	14,38	37,14	37	14,01	37,15
13	16,95	35,80	38	15,65	38,10
14	18,59	37,10	39	20,13	37,96
15	20,58	38,40	40	18,5	35,45
16	19,34	37,46	41	14,87	37,62
17	20,86	37,21	42	17,26	38,02
18	18,24	35,15	43	15,77	37,15
19	15,13	37,40	44	17,4	37,14
20	11,48	36,94	45	24,11	38,15
21	18,91	37,15	46	18	36,95
22	19	38,21	47	18,23	37,02
23	17,5	37,10	48	15,98	36,98
24	15,15	35,15	49	18,15	38,22
25	16,33	38,30	50	17,44	37,83

## Anexos

**Anexo 55:** Pruebas de Bondad de Ajuste para los valores de Grasa (%) y Sólidos totales (%) en el helado. **Fuente:** Elaboración Propia.

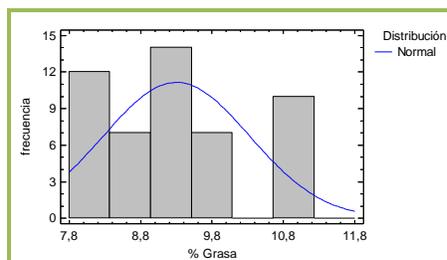
### Ajuste de Datos No Censurados para valores de Grasa (%)

50 valores con rango desde 8,0 a 11,0

**Tabla 1:** Distribuciones Ajustadas. **Fuente:** Elaboración propia.

Normal
media = 17,552
desviación estándar = 2,48309

Este análisis muestra los resultados de ajustar una distribución normal a los datos de porcentaje grasa en helado. Los parámetros estimados para la distribución ajustada se muestran en la **Tabla 1** y se puede evaluar si la distribución normal ajusta los datos adecuadamente realizando las Pruebas de Bondad de Ajuste e Histograma de frecuencias.



**Gráfico 1:** Histograma de frecuencia para los valores de porcentaje de grasa en el helado.

**Tabla 2:** Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de porcentaje de grasa en el helado. **Fuente:** Elaboración propia.

	Normal
DMAS	0,0798964
DMENOS	0,0531915
DN	0,0798964
Valor-P	0,90702

Debido a que el valor-P más pequeño de esta prueba es mayor que 0,05, los valores de porcentaje de Grasa en helado provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

### Ajuste de Datos No Censurados para valores de Sólidos Totales (%)

50 valores con rango desde 35,15 a 39,21

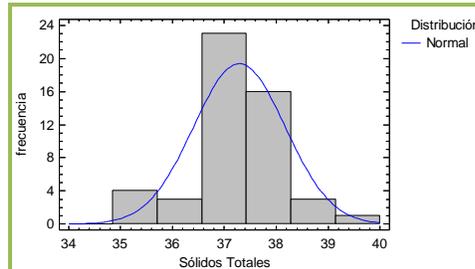
**Tabla 3:** Distribuciones Ajustadas. **Fuente:** Elaboración propia.

Normal
media = 37,2888
desviación estándar = 0,882715

## Anexos

---

Este análisis muestra los resultados de ajustar una distribución normal a los datos de porcentaje sólidos totales en helado. Los parámetros estimados para la distribución ajustada se muestran en la **Tabla 3** y se puede evaluar si la distribución normal ajusta los datos adecuadamente realizando las Pruebas de Bondad de Ajuste e Histograma de frecuencias.



**Gráfico 2:** Histograma de frecuencia para los valores de porcentaje Sólidos Totales en el helado.

**Tabla 4:** Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de porcentaje Sólidos Totales en el helado. **Fuente:** Elaboración propia.

	Normal
DMAS	0,095569
DMENOS	0,186366
DN	0,186366
Valor-P	0,0620334

Debido a que el valor-P más pequeño de esta prueba es mayor que 0,05, los valores de porcentaje sólidos totales en helado provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

## Anexos

---

**Anexo 56:** Gráfico de control para individuos de los valores de Grasa (%) en helado.

**Fuente:** Elaboración propia.

Número de observaciones = 50

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

**Tabla 1:** Gráfico X. **Fuente:**

Elaboración propia.

Período	#1-50
LSC: +3,0 sigma	24,4598
Línea Central	17,552
LIC: -3,0 sigma	10,6442

0 fuera de límites

**Tabla 2:** Estimados. **Fuente:** Elaboración

propia.

Período	#1-50
Media de proceso	17,552
Sigma de proceso	2,30261
MR(2) promedio	2,59735

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

El gráfico de control se construye bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 17,552 y una desviación estándar igual a 2,30261. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos. De los 50 puntos no excluidos mostrados en el gráfico ninguno se encuentra fuera de los límites de control. Puesto que la probabilidad de que aparezcan uno o más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 1 si los datos provienen de la distribución supuesta, no se puede rechazar la hipótesis de que el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95%.

### Pruebas de Corridas

Reglas

(A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.

(B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.

(C) conjuntos de 5 observaciones con al menos 4 más allá de 1,0 sigma.

(D) conjuntos de 3 observaciones con al menos 2 más allá de 2,0 sigma.

**Tabla 3:** Violaciones.

**Fuente:** Elaboración propia.

Observación	Individuos
-------------	------------

La **Tabla 3** busca e identifica cualquier patrón inusual en los datos y como se observa 0 secuencias inusuales se han detectado. Esto a menudo es útil para detectar procesos que se están alejando lentamente del valor meta, aun cuando ningún punto caiga fuera de los límites de control.

**Tabla 4:** Índices de Capacidad. Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.  
**Fuente:** Elaboración propia.

Especificaciones: LIE = 8

	Capacidad
	Corto Plazo
Sigma	2,30261
Cpk/Ppk	1,38278
Cpk/Ppk (inferior)	1,38278

Cpk es un índice de capacidad unilateral, el cual divide la distancia de la media al límite de especificación más cercano, entre 3 veces la desviación estándar. En este caso, el Cpk es igual a 1,38278, por tanto si  $Cpk > 1.33$  el proceso es capaz, produciendo 0,005985% de productos queda fuera de especificación.

## Anexos

---

**Anexo 57:** Gráfico de control para individuos de los valores de Sólidos Totales (%) en helado. **Fuente:** Elaboración propia.

Número de observaciones = 50

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

**Tabla 1:** Gráfico X. **Fuente:**

Elaboración propia.

Período	#1-50
LSC: +3,0 sigma	40,2675
Línea Central	37,2888
LIC: -3,0 sigma	34,3101

0 fuera de límites

**Tabla 2:** Estimados. **Fuente:** Elaboración

propia.

Período	#1-50
Media de proceso	37,2888
Sigma de proceso	0,992908
MR(2) promedio	1,12

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

El gráfico de control se construye bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 37,2888 y una desviación estándar igual a 0,992908. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos. De los 50 puntos no excluidos mostrados en el gráfico ninguno se encuentra fuera de los límites de control. Puesto que la probabilidad de que aparezcan uno o más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 1 si los datos provienen de la distribución supuesta, no se puede rechazar la hipótesis de que el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95%.

### Pruebas de Corridas

Reglas

(A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.

(B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.

(C) conjuntos de 5 observaciones con al menos 4 más allá de 1,0 sigma.

(D) conjuntos de 3 observaciones con al menos 2 más allá de 2,0 sigma.

**Tabla 3:** Violaciones.

**Fuente:** Elaboración propia.

Observación	Individuos
-------------	------------

La **Tabla 3** busca e identifica cualquier patrón inusual en los datos y como se observa 0 secuencias inusuales se han detectado. Esto a menudo es útil para detectar procesos que se están alejando lentamente del valor meta, aun cuando ningún punto caiga fuera de los límites de control.

**Tabla 4:** Índices de Capacidad. Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.  
**Fuente:** Elaboración propia.

Especificaciones: LIE = 30

	Capacidad
	Corto Plazo
Sigma	0,992908
Cpk/Ppk	2,44695
Cpk/Ppk (inferior)	2,44695

Cpk es un índice de capacidad unilateral, el cual divide la distancia de la media al límite de especificación más cercano, entre 3 veces la desviación estándar. En este caso, el Cpk es igual a 2,44695, por tanto si  $Cpk > 2$  el proceso es capaz, produciendo 0% de productos fuera de especificación.

## Anexos

---

**Anexo 58:** Valores de porcentaje de humedad y grasa extracto seco en queso, tomados de forma aleatoria en los distintos meses del año 2012. **Fuente:** Elaboración propia.

Observaciones	H (%)	G (%)	Observaciones	H (%)	G (%)
1	44,70	46,84	26	42,4	43,35
2	40,14	47,69	27	42,99	46,35
3	39	42,4	28	35,66	48,85
4	41,15	43,91	29	40,80	47,63
5	42,03	45,4	30	37,20	48
6	39,59	44,35	31	39,60	47,45
7	35,50	47,4	32	41,3	44,47
8	39,60	47,87	33	34,70	48,74
9	36,91	47,24	34	35,54	47,2
10	40,92	48,35	35	40	49,25
11	38,80	48,43	36	36	45,36
12	42,68	45,6	37	38	42,1
13	40,25	46,62	38	43,86	45,5
14	43,71	46,6	39	34,25	44,6
15	38,95	43,4	40	36	45,55
16	36,5	46,17	41	40,03	45,87
17	34,8	47,17	42	39,31	46,92
18	34	47,22	43	40,53	41,99
19	35,83	48,62	44	41,95	47,36
20	42,42	44,1	45	35,26	49,11
21	37,55	44,95	46	42,56	44
22	41,65	42,34	47	34,45	42,64
23	40,6	45,17	48	35,62	46,73
24	38,95	47,53	49	40,36	43,84
25	45,67	47,7	50	38,36	47,55

## Anexos

**Anexo 59:** Pruebas de Bondad de Ajuste para los valores de Humedad (%) y Grasa extracto seco (%) en el queso Cumanayagua. **Fuente:** Elaboración Propia.

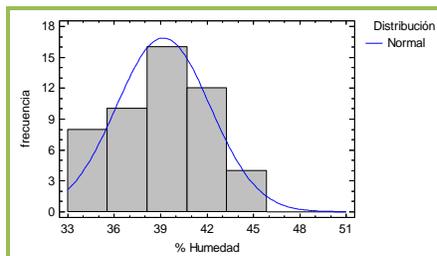
### Ajuste de Datos No Censurados para valores de Humedad (%)

50 valores con rango desde 34,0 a 45,67

**Tabla 1:** Distribuciones Ajustadas. **Fuente:** Elaboración propia.

Normal
media = 39,1726
desviación estándar = 3,0369

Este análisis muestra los resultados de ajustar una distribución normal a los datos de % Humedad en queso. Los parámetros estimados para la distribución ajustada se muestran en la **Tabla 1** y se puede evaluar si la distribución normal ajusta los datos adecuadamente realizando las Pruebas de Bondad de Ajuste e Histograma de frecuencias.



**Gráfico 1:** Histograma de frecuencia para los valores de % Humedad en queso Cumanayagua.

**Tabla 2:** Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de % Humedad en el queso.

**Fuente:** Elaboración propia.

	Normal
DMAS	0,111916
DMENOS	0,0746621
DN	0,111916
Valor-P	0,558256

Debido a que el valor-P más pequeño de esta prueba es mayor que 0,05, los valores de % Humedad en el queso provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

### Ajuste de Datos No Censurados para valores de Grasa extracto seco (%)

50 valores con rango desde 41,99 a 49,25

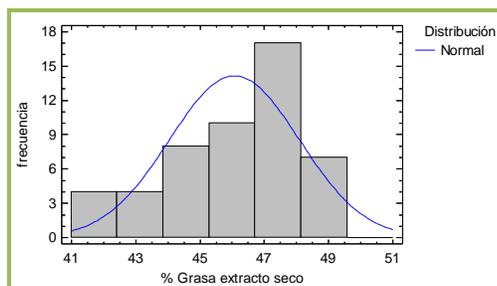
**Tabla 3:** Distribuciones Ajustadas. **Fuente:** Elaboración propia.

Normal
media = 46,0696
desviación estándar = 2,01454

## Anexos

---

Este análisis muestra los resultados de ajustar una distribución normal a los datos de % Grasa extracto seco en queso Cumanayagua. Los parámetros estimados para la distribución ajustada se muestran en la **Tabla 3** y se puede evaluar si la distribución normal ajusta los datos adecuadamente realizando las Pruebas de Bondad de Ajuste e Histograma de frecuencias.



**Gráfico 2:** Histograma de frecuencia para los valores de porcentaje Grasa extracto seco en queso Cumanayagua.

**Tabla 4:** Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de porcentaje Grasa extracto seco en el queso. **Fuente:** Elaboración propia.

	Normal
DMAS	0,0571998
DMENOS	0,127547
DN	0,127547
Valor-P	0,394598

Debido a que el valor-P más pequeño de esta prueba es mayor que 0,05, los valores de % Grasa extracto seco en queso Cumanayagua provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

## Anexos

---

**Anexo 60:** Gráfico de control para individuos de los valores de Humedad (%) en el queso Cumanayagua. **Fuente:** Elaboración propia.

Número de observaciones = 50

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

**Tabla 1:** Gráfico X. **Fuente:**

Elaboración propia.

Período	#1-50
LSC: +3,0 sigma	48,4551
Línea Central	39,1726
LIC: -3,0 sigma	29,8901

0 fuera de límites

**Tabla 2:** Estimados. **Fuente:** Elaboración propia.

Período	#1-50
Media de proceso	39,1726
Sigma de proceso	3,09415
MR(2) promedio	3,4902

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

El gráfico de control se construye bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 39,1726 y una desviación estándar igual a 3,09415. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos. De los 50 puntos no excluidos mostrados en el gráfico ninguno se encuentra fuera de los límites de control. Puesto que la probabilidad de que aparezcan uno o más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 1 si los datos provienen de la distribución supuesta, no se puede rechazar la hipótesis de que el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95%.

### Pruebas de Corridas

Reglas

(A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.

(B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.

(C) conjuntos de 5 observaciones con al menos 4 más allá de 1,0 sigma.

(D) conjuntos de 3 observaciones con al menos 2 más allá de 2,0 sigma.

**Tabla 3:** Violaciones.

**Fuente:** Elaboración propia.

Observación	Individuos
-------------	------------

La **Tabla 3** busca e identifica cualquier patrón inusual en los datos y como se observa 0 secuencias inusuales se han detectado. Esto a menudo es útil para detectar procesos que se están alejando lentamente del valor meta, aun cuando ningún punto caiga fuera de los límites de control.

**Tabla 4:** Índices de Capacidad. Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.  
**Fuente:** Elaboración propia.

Especificaciones: LSE = 50,0

	Capacidad
	Corto Plazo
Sigma	3,09415
Cpk/Ppk	1,35744
Cpk/Ppk (superior)	1,35744

Cpk es un índice de capacidad unilateral, el cual divide la distancia de la media al límite de especificación más cercano, entre 3 veces la desviación estándar. En este caso, el Cpk es igual a 1,35744, por tanto si  $Cpk > 1,33$  el proceso es capaz, produciendo 0,000111% de productos fuera de especificación.

## Anexos

---

**Anexo 61:** Gráfico de control para individuos de los valores de grasa extracto seco(%) en el queso Cumanayagua. **Fuente:** Elaboración propia.

Número de observaciones = 50

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

**Tabla 1:** Gráfico X. **Fuente:**

Elaboración propia.

Período	#1-50
LSC: +3,0 sigma	51,8756
Línea Central	46,0696
LIC: -3,0 sigma	40,2636

0 fuera de límites

**Tabla 2:** Estimados. **Fuente:** Elaboración propia.

Período	#1-50
Media de proceso	46,0696
Sigma de proceso	1,93534
MR(2) promedio	2,18306

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

El gráfico de control se construye bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 46,0696 y una desviación estándar igual a 1,93534. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos. De los 50 puntos no excluidos mostrados en el gráfico ninguno se encuentra fuera de los límites de control. Puesto que la probabilidad de que aparezcan uno o más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 1 si los datos provienen de la distribución supuesta, no se puede rechazar la hipótesis de que el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95%.

### Pruebas de Corridas

Reglas

(A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.

(B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.

(C) conjuntos de 5 observaciones con al menos 4 más allá de 1,0 sigma.

(D) conjuntos de 3 observaciones con al menos 2 más allá de 2,0 sigma.

**Tabla 3:** Violaciones.

**Fuente:** Elaboración propia.

Observación	Individuos
-------------	------------

La **Tabla 3** busca e identifica cualquier patrón inusual en los datos y como se observa 0 secuencias inusuales se han detectado. Esto a menudo es útil para detectar procesos que se están alejando lentamente del valor meta, aun cuando ningún punto caiga fuera de los límites de control.

**Tabla 4:** Índices de Capacidad. Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

**Fuente:** Elaboración propia.

Especificaciones: LSE = 50,0

	Capacidad Corto Plazo
Sigma	1,93534
Cpk/Ppk	1,0454
Cpk/Ppk (inferior)	1,0454

Cpk es un índice de capacidad unilateral, el cual divide la distancia de la media al límite de especificación más cercano, entre 3 veces la desviación estándar. En este caso, el Cpk es igual a 1,0454, por tanto si  $1 < Cpk < 1.33$  el proceso tiene una capacidad parcialmente adecuada, produciendo 0,129392% de productos fuera de especificación.

**Anexo 62:** Cálculo del tamaño de muestra y estratificación de la misma para la aplicación de las listas de chequeo. **Fuente:** Elaboración Propia.

Generalmente en este tipo de investigación para el cálculo del tamaño de la muestra la expresión matemática que se utiliza, para la cual la varianza de la población es desconocida, y del tamaño de la población es finito ya que es menor que 100 000 es la siguiente:

$$nt = \frac{N \cdot \left[ Z_{1-\alpha/2} \right]^2 \cdot P(1-p)}{N \cdot d^2 + \left[ Z_{1-\alpha/2} \right]^2 \cdot P(1-P)}$$

**donde:**

$nt$  = Tamaño de la muestra.

$N$  = Tamaño de población a muestrear (146)

$p$  = Proporción en función del tamaño de muestra asumido (0.5).

$\alpha$  = Error asociado al nivel de confianza en la decisión (0.05).

$d$  = Error absoluto a considerar en el cálculo (0.05).

$$Z_{1-\alpha/2} = 1.96$$

Esta expresión requiere alguna decisión sobre qué proporción muestral utilizar. Si no hay una inclinación a priori entonces el valor de  $p = 0,5$  es utilizado frecuentemente ya que garantiza el máximo valor de  $n$ .

**Sustituyendo para  $d = 0.05$**

$$nt = \frac{146 \cdot [1.96]^2 \cdot 0.5(1-0.5)}{146 \cdot (0.05)^2 + [1.96]^2 \cdot 0.5(1-0.5)} = 106$$

Una vez determinado el tamaño de muestra a emplear, se estratifica este atendiendo a la cantidad de trabajadores de cada una de las plantas ya que es necesario saber la cantidad de listas de chequeo aplicar a cada una de ellas, para conocer lo que se pretende con el instrumento. Este paso se representa en la Tabla 1.

**Tabla1:** Muestreo estratificado para la aplicación de listas de chequeo. **Fuente:** Elaboración propia.

**Donde:**

Planta	Ni	Nt	Ni/Nt	ni=(Ni/Nt)·nt
UEB Helado	67	146	0.4589	49
UEB Queso	79	146	0.5411	57

**ni**= Muestreo estratificado

**Nt**= Número total de trabajadores

**Ni** = Número de trabajadores por planta

**nt**= Cantidad de encuestas a realizar

## Anexos

**Anexo 63:** Resultados de la aplicación de la lista de chequeo para conocer el manejo de los materiales en la planta de helado y queso. **Fuente:** Elaboración Propia.

Tablas de frecuencias:

### Planta de helado

**Tabla 1:** Estadísticos.

Pregunta	N	
	Válidos	Perdidos
¿Se documenta por escrito el tipo, la cantidad, la calidad y el costo de las materias primas que se utilizan en la producción?	49	0
¿Conoce si se almacena en el lugar de producción solamente la cantidad de materia prima necesaria para un día o una carga?	49	0
¿Se cierran firmemente las tapas o los grifos de los contenedores después de extraer material para evitar pérdidas?	49	0
¿Están almacenados en zonas diferentes las materias primas y los productos elaborados?	49	0
¿Se realiza regularmente un control óptico de todas las tuberías, canales y equipos para detectar pérdidas?	49	0
¿Realiza la empresa mantenimiento preventivo a las máquinas y herramientas?	49	0

**Tabla 2:** ¿Se documenta por escrito el tipo, la cantidad, la calidad y el costo de las materias primas que se utilizan en la producción?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	37	75,5	75,5	75,5
	no	12	24,5	24,5	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

**Tabla 3:** ¿Conoce si se almacena en el lugar de producción solamente la cantidad de materia prima necesaria para un día o una carga?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	41	83,7	83,7	83,7
	no	8	16,3	16,3	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

**Tabla 4:** ¿Se cierran firmemente las tapas o los grifos de los contenedores después de extraer material para evitar pérdidas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	39	79,6	79,6	79,6
	no	10	20,4	20,4	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

## Anexos

**Tabla 5:** ¿Están almacenados en zonas diferentes las materias primas y los productos elaborados?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	48	98,0	98,0	98,0
	no	1	2,0	2,0	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

**Tabla 6:** ¿Se realiza regularmente un control óptico de todas las tuberías, canales y equipos para detectar pérdidas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	22	44,9	44,9	44,9
	no	27	55,1	55,1	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

**Tabla 7:** ¿Realiza la empresa mantenimiento preventivo a las máquinas y herramientas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	16	32,7	32,7	32,7
	no	33	67,3	67,3	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

### Planta de queso

**Tabla 8:** Estadísticos.

Pregunta	N	
	Válidos	Perdidos
¿Se documenta por escrito el tipo, la cantidad, la calidad y el costo de las materias primas que se utilizan en la producción?	57	0
¿Conoce si se almacena en el lugar de producción solamente la cantidad de materia prima necesaria para un día o una carga?	57	0
¿Se cierran firmemente las tapas o los grifos de los contenedores después de extraer material para evitar pérdidas?	57	0
¿Están almacenados en zonas diferentes las materias primas y los productos elaborados?	57	0
¿Se realiza regularmente un control óptico de todas las tuberías, canales y equipos para detectar pérdidas?	57	0
¿Realiza la empresa mantenimiento preventivo a las máquinas y herramientas?	57	0

**Tabla 9:** ¿Se documenta por escrito el tipo, la cantidad, la calidad y el costo de las materias primas que se utilizan en la producción?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	44	77,2	77,2	77,2
	no	13	22,8	22,8	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

## Anexos

---

**Tabla 10:** ¿Conoce si se almacena en el lugar de producción solamente la cantidad de materia prima necesaria para un día o una carga?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	49	86,0	86,0	86,0
	no	8	14,0	14,0	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Tabla 11:** ¿Se cierran firmemente las tapas o los grifos de los contenedores después de extraer material para evitar pérdidas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	50	87,7	87,7	87,7
	no	7	12,3	12,3	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Tabla 12:** ¿Están almacenados en zonas diferentes las materias primas y los productos elaborados?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	57	100,0	100,0	100,0

**Tabla 13:** ¿Se realiza regularmente un control óptico de todas las tuberías, canales y equipos para detectar pérdidas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	27	47,4	47,4	47,4
	no	30	52,6	52,6	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Tabla 14:** ¿Realiza la empresa mantenimiento preventivo a las máquinas y herramientas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	22	38,6	38,6	38,6
	no	35	61,4	61,4	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Anexo 64:** Cálculo de la Huella Ecológica Corporativa. **Fuente:** Elaboración propia a partir del *Software* para el Cálculo de la Huella Ecológica desarrollado por López Yanes, 2012.

Para el cálculo de la Huella Ecológica Corporativa se presentan cada una de las sub-huellas y el porcentaje equivalente de las mismas sobre la huella ecológica total del proceso de helado y queso de la Empresa de productos Lácteos Escambray.

- En el cálculo de la sub-huella de energía se toman todos los portadores energéticos consumidos en la Empresa correspondientes a las plantas. En la **Tabla 1** se exponen cada una de las entradas de tipo energético que intervienen en los procesos correspondientes a cada una de las plantas mencionadas.

**Tabla 1:** Sub-huella energética de helado y queso.

	Variable	Cantidad de Combustible Equivalente (kg)	Cantidad de Giga Joule (Gj) que representa	Sub-huella Ecológica (ha/t <sub>producto</sub> )	% que representa de la HE
Helado	Electricidad	780499	32677.9	0.0775277	83.0323
	Diesel	159495	6677.75	0.0158428	16.9677
<b>Sub-huella total</b>				<b>0.0933705</b>	
Queso	Electricidad	747471	31295.1	0.231816	65.3117
	Fuel Oil	396997	16621.5	0.123122	34.6883
<b>Sub-huella total</b>				<b>0.354938</b>	

Luego de efectuar el cálculo de la sub-huella energía, se tiene que el impacto que produce la obtención de helado y queso sobre el ecosistema corresponde a que se necesita 0.0933705 ha/t<sub>helado</sub> y 0.354938 ha/t<sub>queso</sub> de terreno productivo (cultivos, pastos, bosques) para absorber el CO<sub>2</sub> emitido producto consumo de los diferentes portadores energéticos durante el proceso productivo. Tal como se puede apreciar el mayor porcentaje equivalente de la cantidad de hectáreas necesarias a sembrar (huella) para absorber el CO<sub>2</sub> emitido por el consumo de este portador es tributada por los volúmenes de consumo de energía eléctrica, siendo este de 83.03% para producción de helado y de 65.31% para la producción de queso.

- Para el cálculo de la sub-huella insumos se tuvo en cuenta la entrada de insumos que tiene cada uno de los procesos productivos. La sub-huella de los insumos representada en la **Tabla 2** es quien determina el equivalente de hectáreas que se requieren para aquellas entradas no energéticas, es decir aquellas variables materiales de consumo necesarias para el proceso.

En el caso del helado, el insumo leche que se consume en el año 2012 es en polvo, pero al estandarizar se tiene una cantidad de 1036 Lt de leche fluida/t<sub>helado</sub> ya que 1kg de polvo equivale a 10 Lt<sub>leche fluida</sub> para hacer helado y 1 066 kg<sub>leche fluida</sub>/t<sub>helado</sub>.

## Anexos

Donde:

Índice de consumo real de leche en polvo para una tonelada de helado =  $0,1036 \text{ t}_{\text{leche polvo}}/\text{t}_{\text{helado}} = 103,6 \text{ kg}_{\text{leche polvo}}/\text{t}_{\text{helado}}$

$1 \text{ kg}_{\text{leche polvo}} = 10 \text{ Lt}_{\text{leche fluida}}$

$103,6 \text{ kg}_{\text{leche polvo}}/\text{t}_{\text{helado}} \times 10 \text{ Lt}_{\text{leche fluida}} = 1\ 036 \text{ Lt}_{\text{leche fluida}}/\text{t}_{\text{helado}}$

$1\ 036 \text{ Lt}_{\text{leche fluida}}/\text{t}_{\text{helado}} \times 1,029 \text{ kg/Lt}_{\text{leche fluida}} = 1\ 066 \text{ kg}_{\text{leche fluida}}/\text{t}_{\text{helado}}$

Es importante aclarar que el *Software* empleado para este cálculo en la categoría de lácteos trabaja sobre la base de una intensidad energética promedio de 37 ya que incluye leche y todos sus derivados. Al realizar una búsqueda en la literatura relacionada se tiene que para leche la intensidad energética es de 10. Por tal motivo, la cantidad de leche fluida consumida en el año 2012 para ambas plantas expresada en kilogramos se divide entre 3.7 ya que en esa cantidad de veces es que aumenta.

Este cálculo incluye la sub-huella tierra que ofrece tal y como lo indica su nombre la extensión de este recurso natural del cual se sirve el producto salida del proceso de generación en este caso. La tabla ofrece la huella por el uso del área total que requiere la infraestructura tecnológica, las de apoyo y las demás que se encuentran en el perímetro de la instalación, siendo esta de 0.00549401 y 0.0171556 ha/t de helado y queso respectivamente.

**Tabla 2:** Sub-huella insumos de helado y queso.

	Variable	Intensidad Energética	Sub-huella del Insumo(ha/t <sub>producto</sub> )	% que representa de la HE
<b>Helado</b>	Sal (kg)	0.95	0.000743684	0.0187678
	Lácteos (kg)	288	2.52781	63.7924
	Aceites y grasas (kg)	93.63	0.888436	22.4208
	Azúcar	150.195	0.534438	13.4872
	Productos básicos (kg)	4.75	0.00563397	0.14218
	Tierra (ha)		0.00549401	0.138648
	<b>Sub-huella total</b>		<b>3.96256</b>	
<b>Queso</b>	Sal (kg)	30.5	0.0745556	0.0890576
	Lácteos (kg)	3051	83.62	99.8851
	Productos básicos (kg)	1.2	0.00444444	0.00530894
	Tierra (ha)		0.0171556	0.0204926
	<b>Sub-huella total</b>		<b>83.7162</b>	

De acuerdo a cada uno de los respectivos consumos y los índices de la intensidad energética por cada una de las variables de entrada destacan los volumen de lácteos para ambas plantas, equivalente al 63.79% y 99.88% de la planta de helado y queso respectivamente.

- El cálculo de la sub-huella gastos indirectos se muestra en la **Tabla 3**. Se tiene en cuenta la energía e insumos correspondientes a los servicios de mantenimientos, servicios de oficina y de mensajería y de teléfono.

**Tabla 3:** Sub-huella de los gastos indirectos de helado y queso.

Sub-huella de los gastos indirectos	
<b>Helado</b>	0.396762
<b>Queso</b>	8.37148

- La sub-huella de la superficie construida tal y como se muestra en la **Tabla 4** es el área construida dentro del área total de la instalación. Se puede observar que representa la infraestructura productiva la mayor superficie construida ya que es la que más ha utilizadas y por ciento tiene.

**Tabla 4:** Sub-huella superficie construida de helado y queso.

	Variable	Cantidad de ha utilizadas	Huella ecológica del tipo de superficie	% que representa de la HE
<b>Helado</b>	Asentamientos poblacionales (ha)	17.22	0.00408492	80.6934
	Infraestructura logística y administrativa (ha)	2.01	0.000476812	9.41894
	Viales	0.99	0.000234848	4.63918
	Otras Estructuras	1.12	0.000265686	5.24836
	<b>Sub-huella total</b>		<b>0.00506227</b>	
<b>Queso</b>	Asentamientos poblacionales (ha)	17.22	0.0127556	80.6938
	Infraestructura logística y administrativa (ha)	2.01	0.00148889	9.41894
	Viales	0.99	0.000733333	4.63917
	Otras Estructuras	1.12	0.00082963	5.24836
	<b>Sub-huella total</b>		<b>0.0158074</b>	

**Anexo 65:** Cálculo de la Huella Hídrica. **Fuente:** Elaboración propia a partir de lo expuesto por Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2010.

🌍 Huella Hídrica:

$$\text{Huella Hídrica}(\text{m}^3/\text{t}_{\text{producción}}) = \sum(\text{Aguas Verdes} + \text{Aguas Azules} + \text{Aguas Grises})$$

$$\text{Huella Hídrica helado} = 7,18\text{m}^3/\text{t}_{\text{helado}} + 75,86\text{m}^3/\text{t}_{\text{helado}} = 83,04\text{m}^3/\text{t}_{\text{helado}}$$

$$\text{Huella Hídrica queso} = 120,87\text{m}^3/\text{t}_{\text{queso}} + 375,9\text{m}^3/\text{t}_{\text{queso}} = 496,77\text{m}^3/\text{t}_{\text{queso}}$$

🌍 Aguas Verdes: Se excluye para el cálculo de la huella hídrica las aguas verdes ya que no se consume durante el proceso de producción agua de lluvia.

🌍 Aguas Azules:

$$\text{Aguas azules} (\text{m}^3/\text{unidad de producto}) = [\sum(A_{pi})/P_{Bx}]$$

$$\text{Aguas azules}(\text{m}^3/\text{t}_{\text{helado}}) = 30248,59/4215,50 \text{ t helado/año} = 7,18\text{m}^3/\text{t helado}$$

$$\text{Aguas azules}(\text{m}^3/\text{t}_{\text{queso}}) = 163175,88/1350 \text{ t queso/año} = 120,87\text{m}^3/\text{t queso}$$

🌍 Aguas Grises:

$$\text{Aguas grises}(\text{m}^3/\text{unidad de producto}) = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} / P_{Bx}$$

$$\text{Aguas grises}(\text{m}^3/\text{t}_{\text{helado}}) = \frac{9274,1 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{0,029 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} / 4215,50 \text{ t}_{\text{helado}}/\text{año} = 75,86\text{m}^3/\text{t}_{\text{helado}}$$

$$\text{Aguas grises}(\text{m}^3/\text{t}_{\text{queso}}) = \frac{14715 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{0,029 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} / 1350 \text{ t}_{\text{queso}}/\text{año} = 375,9\text{m}^3/\text{t}_{\text{queso}}$$

Donde:

$\sum A_{pi}$ : Sumatoria de cada uno de los volúmenes de aguas residuales generadas en las diferentes actividades del proceso.

$P_{Bx}$ : Producción bruta total en el periodo de tiempo que está enmarcada la investigación.

$L$ : Carga contaminante total generada en las diferentes actividades de la producción (masa/tiempo). Según la Unidad de Gestión del CITMA que realizan este cálculo, para helado es 2.2kg/t y para queso 10.9 kg/t.

## Anexos

---

$C_{max}$ : Concentración máxima aceptable de este contaminante (masa/volumen), según la NC 521: 2007, Límite Máximo Permisible Promedio para una  $DBO_5 < 30$ , considerándose  $C_{max} = 29 \text{ mg/L} = 0.029 \text{ kg/m}^3$ .

$C_{nat}$ : Concentración natural en el agua del cuerpo receptor (masa/volumen). Basado en el manual para el cálculo de la huella hídrica cuando las concentraciones naturales no se conocen con precisión pero se estiman ser bajas, por simplicidad se puede suponer  $C_{nat} = 0$ .

**Nota:** La clasificación cualitativa del cuerpo receptor marino de la empresa (Cuenca Arimao), según NC 521: 2007 se según su uso es Clase A ya que comprende áreas marinas de zonas de conservación ecológica, o áreas protegidas.

## Anexos

---

**Anexo 66:** Resultados de la aplicación de los formularios para identificar y caracterizar los residuos de la planta de helado y queso. **Fuente:** Equipo de trabajo seleccionado en la empresa.

### **Planta de helado**

**Nombre Formulario:** Caracterización de residuos sólidos

**Identificador Formulario:** RS-1

<b>Nombre del Residuo (1)</b>	Grasa
Etapa en que se genera (2)	Durante toda la producción
Componentes contaminantes (3)	Soluciones de limpieza
Tiempo de Almacenamiento (4)	6 meses
Condiciones de almacenamiento (5)	<input checked="" type="checkbox"/> Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Enterrada en el perímetro de la empresa
Tratamiento actual (7)	-
Cantidad Generada (8)	76 kg
Valor (9)	-

<b>Nombre del Residuo (1)</b>	Cartón
Etapa en que se genera (2)	Envase
Componentes contaminantes (3)	-
Tiempo de Almacenamiento (4)	6 meses
Condiciones de almacenamiento (5)	Separado <input checked="" type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla: cubos rotos (plástico)
Destino Actual (6)	
Tratamiento actual (7)	-
Cantidad Generada (8)	1068 kg
Valor (9)	-

<b>Nombre del Residuo (1)</b>	Plásticos
Etapa en que se genera (2)	Post venta
Componentes contaminantes (3)	Polietileno
Tiempo de Almacenamiento (4)	-
Condiciones de almacenamiento (5)	Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Materias primas
Tratamiento actual (7)	reciclaje
Cantidad Generada (8)	1485 kg

## Anexos

---

Valor (9)	-
-----------	---

<b>Nombre del Residuo (1)</b>	Sacos de Nylon
Etapa en que se genera (2)	Preparación de la mezcla.
Componentes contaminantes (3)	Polietileno y polipropileno.
Tiempo de Almacenamiento (4)	Mensualmente
Condiciones de almacenamiento (5)	<input checked="" type="checkbox"/> Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	En la misma planta y recuperación en Materias primas
Tratamiento actual (7)	Envase de helado y reciclaje en Materias primas
Cantidad Generada (8)	13788 u
Valor (9)	-

<b>Nombre del Residuo (1)</b>	Cubos de grasa
Etapa en que se genera (2)	Disolución de la manteca vegetal
Componentes contaminantes (3)	Polietileno
Tiempo de Almacenamiento (4)	24 días
Condiciones de almacenamiento (5)	<input type="checkbox"/> Separado <input checked="" type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla: cajas de cartón
Destino Actual (6)	Planta de helado y recuperación en Materias primas
Tratamiento actual (7)	Reutilizado para envasar helado y reciclaje
Cantidad Generada (8)	14653 u
Valor (9)	-

<b>Nombre del Residuo (1)</b>	Sacos de Azúcar
Etapa en que se genera (2)	Preparación de la mezcla.
Componentes contaminantes (3)	Polietileno y polipropileno.
Tiempo de Almacenamiento (4)	24 días
Condiciones de almacenamiento (5)	<input checked="" type="checkbox"/> Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Planta de queso y recuperación en Materias primas
Tratamiento actual (7)	Reutilizado para almacenar Cuajada y reciclaje
Cantidad Generada (8)	9223 u

## Anexos

Valor (9)	-
-----------	---

Nombre del Residuo (1)	Sacos Multicapas
Etapas en que se genera (2)	Preparación de la mezcla.
Componentes contaminantes (3)	Polietileno y polipropileno.
Tiempo de Almacenamiento (4)	24 días
Condiciones de almacenamiento (5)	<input checked="" type="checkbox"/> Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Planta de queso y recuperación en Materias primas
Tratamiento actual (7)	Reutilizado para almacenar Cuajada y reciclaje
Cantidad Generada (8)	13788 u
Valor (9)	-

**Nombre Formulario:** Caracterización de residuos líquidos

**Identificador Formulario:** RL-2

Nombre del Residuo (1)	Agua de enjuague de la línea helado
Etapas en que se genera (2)	Limpieza
Componentes contaminantes (3)	Grasas y sólidos en suspensión
Tiempo de Almacenamiento (4)	-
Condiciones de almacenamiento (5)	<input type="checkbox"/> Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Sistema de tratamiento residual
Tratamiento actual (7)	Pozo séptico
Cantidad Generada (8)	6 414,98m <sup>3</sup> /año
Valor (9)	1 924,49CUP

### Planta de queso

**Nombre Formulario:** Caracterización de residuos sólidos

**Identificador Formulario:** RS-1

Nombre del Residuo (1)	Grasa
Etapas en que se genera (2)	Durante toda la producción
Componentes contaminantes (3)	Soluciones de limpieza
Tiempo de Almacenamiento (4)	6 meses
Condiciones de almacenamiento (5)	<input checked="" type="checkbox"/> Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se

## Anexos

	mezcla
Destino Actual (6)	Enterrada en el perímetro de la empresa
Tratamiento actual (7)	-
Cantidad Generada (8)	190 kg
Valor (9)	-

<b>Nombre del Residuo (1)</b>	Cartón
Etapa en que se genera (2)	Empaque
Componentes contaminantes (3)	-
Tiempo de Almacenamiento (4)	indefinido
Condiciones de almacenamiento (5)	Separado <input checked="" type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla: cubos rotos (plástico)
Destino Actual (6)	Recuperación en Materias primas
Tratamiento actual (7)	Reciclaje en Materia prima
Cantidad Generada (8)	453 kg/año
Valor (9)	CUP

<b>Nombre del Residuo (1)</b>	Sacos de sal
Etapa en que se genera (2)	Formación de la cuajada
Componentes contaminantes (3)	Polietileno
Tiempo de Almacenamiento (4)	24 días
Condiciones de almacenamiento (5)	<input checked="" type="checkbox"/> Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Planta de queso y recuperación en Materias primas
Tratamiento actual (7)	En producción y reciclaje en materias primas
Cantidad Generada (8)	931 u
Valor (9)	-

<b>Nombre del Residuo (1)</b>	Recortes de papel aluminio
Etapa en que se genera (2)	Envase
Componentes contaminantes (3)	-
Tiempo de Almacenamiento (4)	-
Condiciones de almacenamiento (5)	Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Desecho
Tratamiento actual (7)	-
Cantidad Generada (8)	94 kg/año
Valor (9)	-

## Anexos

---

Nombre del Residuo (1)	Recortes de nylon
Etapa en que se genera (2)	Envase
Componentes contaminantes (3)	Poliamidas, hexametilendiamina
Tiempo de Almacenamiento (4)	-
Condiciones de almacenamiento (5)	Separado <input type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Desecho
Tratamiento actual (7)	-
Cantidad Generada (8)	252 kg/año
Valor (9)	-

### Nombre Formulario: Caracterización de residuos líquidos

#### Identificador Formulario: RL-2

Nombre del Residuo (1)	Suero de leche
Etapa en que se genera (2)	Después del corte, cocción de la cuajada
Componentes contaminantes (3)	Sólidos y grasas en suspensión
Tiempo de Almacenamiento (4)	Diario
Condiciones de almacenamiento (5)	Separado <input checked="" type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla: agua hiladura
Destino Actual (6)	Porcino y cochiguera de la empresa.
Tratamiento actual (7)	Venta
Cantidad Generada (8)	6918038Lt
Valor (9)	635 000CUP

Nombre del Residuo (1)	Agua hiladura
Etapa en que se genera (2)	Hiladura
Componentes contaminantes (3)	Grasas en suspensión
Tiempo de Almacenamiento (4)	Diario
Condiciones de almacenamiento (5)	<input type="checkbox"/> Separado <input checked="" type="checkbox"/> Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla: Suero
Destino Actual (6)	Porcino y cochiguera de la empresa.
Tratamiento actual (7)	Venta
Cantidad Generada (8)	210300 Lt
Valor (9)	18927CUP

## Anexos

---

Nombre del Residuo (1)	Agua de enjuague de las cubas
Etapa en que se genera (2)	Limpieza
Componentes contaminantes (3)	Grasas y sólidos en suspensión
Tiempo de Almacenamiento (4)	-
Condiciones de almacenamiento (5)	__ Separado __ Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Sistema de tratamiento residual
Tratamiento actual (7)	Pozo séptico
Cantidad Generada (8)	4258,95m <sup>3</sup> /año
Valor (9)	1277,69 CUP

**Nombre Formulario:** Caracterización de Emisiones atmosféricas

**Identificador Formulario:** EA-3

Nombre del Residuo (1)	Amoniaco
Etapa en que se genera (2)	Enfriamiento de las neveras, banco de hielo y congelación del helado.
Componentes contaminantes (3)	NH <sub>3</sub> gaseoso
Tiempo de Almacenamiento (4)	-
Condiciones de almacenamiento (5)	__ Separado __ Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Atmósfera
Tratamiento actual (7)	-
Cantidad Generada (8)	14 t
Valor (9)	-

## Anexos

**Anexo 67:** Resultados de la aplicación de la lista de chequeo para conocer el manejo integral de residuos en la planta de helado y queso. **Fuente:** Elaboración Propia.

Tablas de frecuencias:

### Planta de helado

**Tabla 1:** Estadísticos.

Pregunta	N	
	Válidos	Perdidos
¿Conoce Ud. las fuentes principales y los lugares que generan residuos en todo el proceso de producción?	49	0
¿Evita Ud. mezclar los diferentes flujos de residuos, ya que los residuos mezclados son probablemente más difíciles de tratar?	49	0
¿Dispone la empresa de medios o recipientes para almacenar los residuos?	49	0
¿Están todos los recipientes para residuos uniformemente señalados de acuerdo al tipo de uso (utilizando indicaciones de color, señalamientos uniformes y símbolos)?	49	0
¿Examinó si los residuos o los subproductos en las distintas fases del proceso de producción pueden ser reutilizados?	49	0
¿Se venden determinados residuos a empresas de reciclaje? (por ej.: papel, cartón, plástico, aluminio, vidrio, textiles, acero.)	49	0
¿Busca empresas o terceros interesadas en aprovechar los residuos derivados de las diferentes etapas?	49	0
¿Están habilitados, de acuerdo a las normas vigentes, los basureros/vertederos en que se depositan los residuos?	49	0
¿Se considera en la empresa otras formas de tratamientos de residuos que el que se realiza actualmente en el Pozo Séptico?	49	0

**Tabla 2:** ¿Conoce Ud. las fuentes principales y los lugares que generan residuos en todo el proceso de producción?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	33	67,3	67,3	67,3
	no	16	32,7	32,7	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

**Tabla 3:** ¿Evita Ud. mezclar los diferentes flujos de residuos, ya que los residuos mezclados son probablemente más difíciles de tratar?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	38	77,6	77,6	77,6
	no	11	22,4	22,4	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

**Tabla 4:** ¿Dispone la empresa de medios o recipientes para almacenar los residuos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	19	38,8	38,8	38,8
	no	30	61,2	61,2	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

## Anexos

**Tabla 5:** ¿Están todos los recipientes para residuos uniformemente señalados de acuerdo al tipo de uso utilizando indicaciones de color, señalamientos uniformes y símbolos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	14	28,6	28,6	28,6
	no	35	71,4	71,4	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

**Tabla 6:** ¿Examinó si los residuos o los subproductos en las distintas fases del proceso de producción pueden ser reutilizados?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	21	42,9	42,9	42,9
	no	28	57,1	57,1	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

**Tabla 7:** ¿Se venden determinados residuos a empresas de reciclaje? (por ej.: papel, cartón, plástico, aluminio, vidrio, textiles, acero.)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	46	98,0	98,0	98,0
	no	3	2,0	2,0	100,0
	Total	49		100,0	

**Tabla 8:** ¿Busca empresas o terceros interesadas en aprovechar los residuos derivados de las diferentes etapas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	36	73,5	73,5	73,5
	no	13	26,5	26,5	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

**Tabla 9:** ¿Están habilitados, de acuerdo a las normas vigentes, los basureros/vertederos en que se depositan los residuos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	25	51,0	51,0	51,0
	no	24	49,0	49,0	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

**Tabla 10:** ¿Se considera en la empresa otras formas de tratamientos de residuos que el que se realiza actualmente en el Pozo Séptico?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	41	83,7	83,7	83,7
	no	8	16,3	16,3	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

 **Planta de queso**

**Tabla 11:** Estadísticos

Pregunta	N	
	Válidos	Perdidos
¿Conoce Ud. las fuentes principales y los lugares que generan residuos en todo el proceso de producción?	57	0
¿Evita Ud. mezclar los diferentes flujos de residuos, ya que los residuos mezclados son probablemente más difíciles de tratar?	57	0
¿Dispone la empresa de medios o recipientes para almacenar los residuos?	57	0
¿Están todos los recipientes para residuos uniformemente señalados de acuerdo al tipo de uso (utilizando indicaciones de color, señalamientos uniformes y símbolos)?	57	0
¿Examinó si los residuos o los subproductos en las distintas fases del proceso de producción pueden ser reutilizados?	57	0
¿Se venden determinados residuos a empresas de reciclaje? (por ej.: papel, cartón, plástico, aluminio, vidrio, textiles, acero.)	57	0
¿Busca empresas o terceros interesadas en aprovechar los residuos derivados de las diferentes etapas?	57	0
¿Están habilitados, de acuerdo a las normas vigentes, los basureros/vertederos en que se depositan los residuos?	57	0
¿Se considera en la empresa otras formas de tratamientos de residuos que el que se realiza actualmente en el Pozo Séptico?	57	0

**Tabla 12:** ¿Conoce Ud. las fuentes principales y los lugares de residuos en todo el proceso de producción?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	33	57,9	57,9	57,9
	no	24	42,1	42,1	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Tabla 13:** ¿Evita Ud. mezclar los diferentes flujos de residuos, ya que los residuos mezclados son probablemente más difíciles de tratar?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	23	40,4	40,4	40,4
	no	34	59,6	59,6	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Tabla 14:** ¿Dispone la empresa de medios o recipientes para almacenar los residuos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	41	71,9	71,9	71,9
	no	16	28,1	28,1	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

## Anexos

**Tabla 15:** ¿Están todos los recipientes para residuos uniformemente señalados de acuerdo al tipo de uso utilizando indicaciones de color, señalamientos uniformes y símbolos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	24	42,1	42,1	42,1
	no	33	57,9	57,9	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Tabla 16:** ¿Examinó si los residuos o los subproductos en las distintas fases del proceso de producción pueden ser reutilizados?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	27	47,4	47,4	47,4
	no	30	52,6	52,6	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Tabla 17:** ¿Se venden determinados residuos a empresas de reciclaje? (por ej.: papel, cartón, plástico, aluminio, vidrio, textiles, acero.)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	45	78,9	78,9	78,9
	no	12	21,1	21,1	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Tabla 18:** ¿Busca empresas o terceros interesadas en aprovechar los residuos derivados de las diferentes etapas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	32	56,1	56,1	56,1
	no	25	43,9	43,9	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Tabla 19:** ¿Están habilitados, de acuerdo a las normas vigentes, los basureros/vertederos en que se depositan los residuos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	31	54,4	54,4	54,4
	no	26	45,6	45,6	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Tabla 20:** ¿Se considera en la empresa otras formas de tratamientos de residuos que el que se realiza actualmente en el Pozo Séptico?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	si	45	78,9	78,9	78,9
	no	12	21,1	21,1	100,0
	Total	57	100,0	100,0	

**Anexo 68:** Operaciones por las que se generan grandes volúmenes con cargas contaminantes de residuales líquidos. **Fuente:** Elaboración Propia.

- 🌐 Operación de Limpieza: Los niveles de higiene en la instalación y equipos de la industria es muy elevados debido a las características de la materia prima utilizada y los productos fabricados. El proceso de limpieza y desinfección pretende eliminar los residuos que proporcionan los nutrientes necesarios para la multiplicación microbiana y toda la suciedad que queda después de un proceso o que se produce durante el mismo. Estas operaciones consumen gran cantidad de agua en la empresa, y ligado a ello está el uso desmedido que se hace de este recurso.
- 🌐 Atraso de la tecnología disponible: la planta tiene muchos años de explotación, y hay escasez de piezas de repuesto. También se tienen desfavorables condiciones de trabajo en las áreas productivas ya que hay procesos productivos que tienen escapes y goteos por tuberías, uniones defectuosas, acoples, válvulas y demás accesorios.

**Anexo 69:** Cantidad estimada de los residuos líquidos generados en la planta de helado y queso producto al derrame innecesario. **Fuente:** Elaboración propia a partir del reconocimiento de la planta y tiempo de duración de las actividades.

Para determinar las pérdidas de agua en la planta de helado en el año 2012 por derrame innecesario, primeramente se identifica a través del reconocimiento de la planta las causas que están provocando el desgaste irracional de este recurso natural tan preciado. Esto se concibe en dependencia de las diferentes actividades que se realizan en la planta.

- 🌍 Limpieza por fuera a equipos, piso y paredes: en esta planta se realiza esta operación dos veces al día, se cuenta con dos mangueras que vierten 420 L/ hora, que permanecen abiertas 12 h/día, y de ese tiempo aproximadamente cinco horas y medias están votando agua innecesariamente, lo que equivale a 2 564,35m<sup>3</sup> perdidos al año por este motivo.
- 🌍 Limpieza interna de línea: se realiza dos veces al día con el objetivo de mantener estériles todos los equipos de la producción, por la no recuperación de los agentes de limpieza al realizar esta operación se pierden aproximadamente 2.2m<sup>3</sup>/día, lo que corresponde a 1267,2m<sup>3</sup>/año.
- 🌍 Fregado de cubos: se cuenta para ello con una manguera que vierte 420 L/ hora, que permanece abierta de un modo innecesario derramando agua aproximadamente 3 h/día, lo que equivale a 362,88 m<sup>3</sup>/año.
- 🌍 Área Comercial y Almacén: esta planta de helado le suministra agua al Área Comercial y Almacén, donde a consecuencia de desperfectos en una pluma de agua que vota 24 horas continuas una cantidad aproximada de 800L/día, siendo 292m<sup>3</sup>/año.
- 🌍 Edificio admón. y comedor: también la planta provee el agua para Edificio admón. y comedor, donde lo que ocurre son desperfectos en plumas de agua que se encuentran ubicadas en los baños. La cantidad aproximada de agua que votan las plumas son de 600L/día una y la otra de 700L/día, con 24 horas de vertido lo que equivale a 474,5 m<sup>3</sup>/año.
- 🌍 Baños de la planta de helado: los baños correspondientes a la planta tienen mala calidad de los herrajes de los inodoros del baño, estos tienen 24 horas de vertido y la cantidad de agua diaria es de 29L/hora, lo que equivale a 254,04m<sup>3</sup>/año.

Para determinar las pérdidas de agua en la planta de queso por derrame innecesario, igualmente se identifica a través del reconocimiento de la planta las causas que están

provocando el desgaste irracional de este recurso natural tan preciado. Esto se concibe en dependencia de las diferentes actividades que se realizan en la planta.

- 🌍 Limpieza por fuera a equipos, pisos y paredes: en esta planta se realiza esta operación dos veces al día, se cuenta con dos mangueras que vierten 420 L/ hora, que permanecen abiertas 12 h/día, y de ese tiempo aproximadamente cinco horas y media están votando agua innecesariamente, lo que equivale a 2 419,2m<sup>3</sup> perdidos al año por este motivo.
- 🌍 Proceso de coagulación de la leche: esta es una operación precisa para la elaboración del queso ya que al ser calentada la cuba se corta la leche para su ulterior tratamiento. Para ello pasa por las paredes interiores de la cuba agua con vapor o agua fría, en dependencia de lo que se pretenda, pero esta agua va directo al tragante. Esto sucede porque así está conformada la tecnología instalada, al no tener un sistema de recirculación. Por esta deficiencia tecnológica se pierden aproximadamente 94747,29m<sup>3</sup>/año.
- 🌍 Limpieza de cubas internas y moldes: se realiza dos veces al día con el objetivo de mantener estériles todos los equipos de la producción, por derrame producto al mal ajuste de válvulas y accesorios se pierden al realizar esta operación aproximadamente 1.5m<sup>3</sup>/día, lo que equivale a 1 095m<sup>3</sup>/año.
- 🌍 Fregado de carros en transporte: la planta de queso es la que le suministra al Área de transporte el agua para realizar su dinámica. Para el fregado de carros no se cuenta con el equipamiento tecnológico necesario ya que la manguera no tiene la presión requerida para quitar la suciedad; por lo que se necesita mayor cantidad de agua para que queden limpios. Se identifica que la manguera a 420 L/Hora, está votando agua innecesariamente alrededor de tres horas por día, lo que equivale aproximadamente 362,88m<sup>3</sup>/año.
- 🌍 Limpieza de pipas: los carros que transportan la leche desde los distintos puntos suministradores de la materia prima son las pipas que son fregadas y para esto se dispone de una manguera que está ubicada en el área de recepción de la leche a 420 L/Hora sobre dos horas y medias de vertido indiscriminado por día producto a la mala manipulación de las mangueras. Esto representa aproximadamente 302,4m<sup>3</sup>/año.
- 🌍 Baños de la planta de queso: los baños correspondientes a la planta tienen mala calidad de los herrajes de los inodoros, estos tienen 24 horas de vertido y la cantidad de agua diaria es de 20,83L/hora, lo que equivale a 182,5m<sup>3</sup>/año.

**Anexo 70:** El suero de la leche y el agua hiladura como residuos líquidos de la planta de helado. **Fuente:** Elaboración propia.

- 🌐 El Suero de Leche se obtiene en el proceso de elaboración del queso; por acción de los ácidos lácticos se produce la coagulación de la leche, separándose un líquido concentrado de proteínas de alto valor biológico, rico en sales minerales, aminoácidos y vitaminas llamado Suero. Este tiene un contenido de nutrientes o extracto seco del 5,5% al 7% proveniente de la leche. Es usado como alimento animal ya que es vendido al Porcino, cochiguera de la empresa, y trabajadores la misma. El precio que tiene es de 0.06CUP si la venta se realiza a organismos, y de 0.10CUP si es a trabajadores de la empresa.
- 🌐 El Agua Hiladura se obtiene una vez que está picada la cuajada en lascas finas se pasa a la máquina hiladora donde se le añade agua caliente (80 a 100°C) para que la pasta preparada tome la estructura fibrosa característica bajo la acción del agua caliente. Producto a esta operación se genera grandes volúmenes de agua con un alto contenido de grasa la que es mezclada con el Suero para ser vendida como alimento animal.

## Anexos

**Anexo 71:** Cálculo de uno de los parámetros básicos a tener en cuenta para descargas de aguas residuales:  $DBO_5$ . **Fuente:** Elaboración propia a partir de la Metodología para la Evaluación Aproximada de la Carga Contaminante y datos de los laboratorios.

Se tiene que la expresión de cálculo para conocer los kg de carga generada por hora es:

$$DBO_5(kg/h) = Q(m^3/h) \times C(kg/m^3)$$

donde:

$Q$ : Caudal del residual líquido.

$C$ : Concentración del residual líquido.

Los datos necesarios para realizar este cálculo fueron medidos en los laboratorios de las plantas, y los resultados se muestran en la **Tabla 1**.

**Tabla 1:** Valores de Caudal y Concentración de los residuos líquidos.

Residuo	Caudal ( $m^3/h$ )	Concentración (g/L)
Suero de leche	7,21	3,01
Agua hiladura	2,44	3,4
Agua de enjuague de la línea de helado	4,08	1,50
Agua de enjuague de la línea de queso	2,10	1,05

$$DBO_5(\text{suero de leche}) = 7,21 m^3/h \times 3,01 kg/m^3 = 21,7 kg/h$$

$$DBO_5(\text{agua hiladura}) = 2,44m^3/h \times 3,4kg/m^3 = 8,3 kg/h$$

$$DBO_5(\text{agua enjuague en helado}) = 4,08m^3/h \times 1,50 kg/m^3 = 6,12 kg/h$$

$$DBO_5(\text{agua enjuague en queso}) = 2,10m^3/h \times 1,05kg/m^3 = 2,2 kg/h$$

Al realizar el cálculo se puede observar que el residuo con mayor  $DBO_5$  es el suero de leche con 21,7 kg/h. Se puede calcular además la carga específica que tributan estos residuales, pero para ello se necesita conocer la producción, en kg, durante el periodo de monitoreo; la expresión es:

$$DBO_5\left(\frac{kg \text{ contaminante}}{kg \text{ producto}}\right) = \frac{DBO_5(kg/h)}{\text{Producción}(kg \text{ producto}/h)}$$

donde:

Los datos de producción de residuos se encuentran en el balance.

$$DBO_5(\text{suero de leche}) = \frac{21,7 kg DBO_5/h}{3077,69 kg/h} = 0,007 kg DBO_5/kg$$

$$DBO_5(\text{agua hiladura}) = \frac{8,3 kg DBO_5/h}{99,95 kg/h} = 0,083 kg DBO_5/kg$$

## Anexos

---

$$DBO_5(\text{agua enjuague en helado}) = \frac{6,12 \text{ kg} DBO_5/h}{2784,28 \text{ kg /h}} = 0,0022 \text{ kg } DBO_5/kg$$

$$DBO_5(\text{agua enjuague en queso}) = \frac{2,2 \text{ kg} DBO_5/h}{1848,5 \text{ kg /h}} = 0,0011 \text{ kg } DBO_5/kg$$

**Anexo 72:** Utilidad que tienen los residuos provenientes de los procesos productivos de las plantas de helado y queso. **Fuente:** Queso de Pasta Hilada (2013); Sanes (2009); El blog del bavaro: El maravilloso suero de la leche (2009); La importancia de la grasa butírica anhidra en los lácteos (2013); Nylon, Tecnología de los Plásticos (2011); NC- ISO 8367-1: 2007. Embalajes, tolerancias dimensionales de sacos para uso general (2007).

### Suero de Leche

El suero es un derivado de la leche y por largo tiempo, simplemente fue vertido en los campos o dado como suplemento alimenticio para los animales. Hoy en día, las proteínas derivadas de la leche se emplean en una gran diversidad de las categorías de los alimentos. La proteína de suero es una proteína natural, de alta calidad que contiene todos los aminoácidos esenciales que el cuerpo necesita para la síntesis muscular. Proporciona beneficios en la salud en cuanto a tonificación muscular y saciedad (sensación de llenura) lo que le ha dado un rol importante en los programas de manejo de peso. Dietas con alto contenido proteico, incluyendo aquellos alimentos que contienen proteína de suero, pueden ayudar a aquellas personas que desean bajar de peso.

Este tiene muchos beneficios entre los que se puede mencionar: tiene alta digestibilidad, posee un perfil de sabor neutro, es una fuente rica en proteína y posee una muy buena capacidad de gelatinización. Por estas razones la proteína de suero de leche es un ingrediente muy popular en diferentes alimentos y algunos usos que se le da son: salsas, sopas, aderezos de ensaladas; alimentos con fortificación nutricional (formulas infantiles); lácteos (cremas para untar, batidos); cereales (avenas instantáneas); bebidas, entre otros.

### Agua de enjuague de la línea de helado y queso

Al finalizar la producción diaria en la planta de helado, se enjuaga la línea y de esta operación se obtiene agua con de todos los restos de mezcla o materias primas que pudieron quedar en las paredes de equipos luego de terminado el proceso. Por la composición que tiene este residual líquido, puede ser usada como alimento animal.

### Agua Hiladura y Grasa

Esta grasa es fundamentalmente de la leche utilizada en el proceso, que permanece atrapada en las trampas de grasa de cada una de las plantas; mientras que el agua hiladura resulta cuando se separa el suero y la cuajada, formándose una masa compacta y a esta masa se añade el doble de agua caliente resultando agua con un alto porcentaje de grasa.

## Anexos

---

Tienen en común estos dos residuos la grasa de leche que tiene disímiles aplicaciones como por ejemplo en la fabricación de cosméticos, jabón, champús, crema de piel y de pelo.

### Sacos de nylon

El nylon es un polímero artificial que pertenece al grupo de las poliamidas. Las aplicaciones más importantes de los homopolímeros se encuentran en el campo de la ingeniería mecánica. Aplicaciones bien establecidas son las siguientes: asientos de válvulas, engranajes en general, excéntricas, cojinetes, rodamientos. Además de las propiedades ventajosas señaladas en líneas anteriores, las piezas de nylon pueden funcionar frecuentemente sin lubricación, son silenciosas, pudiendo en muchos casos moldearse en una sola pieza evitándose el ensamblado de las diferentes piezas metálicas o el uso de máquinas caras con la consiguiente pérdida de material.

### Plásticos

Este residuo tiene muchas aplicaciones en diferentes sectores, entre las que se puede destacar:

Construcción: el polietileno de alta densidad se usa en tuberías, del mismo modo que el PVC. Se hacen con plástico marcos para puertas, ventanas y techos, molduras y otros artículos.

Sector de envases y embalajes: Una de las aplicaciones principales del plástico es el empaquetado. Se comercializa una buena cantidad de polietileno de baja densidad en forma de rollos de plástico transparente para envoltorios.

Medicina: se emplean en productos de un solo uso como las jeringas, las tubuladuras para diálisis y las bolsas de sangre o suero. También es importante el campo de los implantes quirúrgicos, hilos de sutura, tubuladuras, catéteres.

Automovilística: algunos plásticos muy resistentes se utilizan para fabricar piezas de motores, como colectores de toma de aire, tubos de combustible, botes de emisión, bombas de combustible.

Fibras textiles: la fibra de poliéster sirve para confeccionar gran variedad de telas y prendas de vestir. El Polietilen Tereftalato (PET) se emplea en telas tejidas y cuerdas, partes para cinturones e hilos de costura.

Juguetes: en particular, el Poliestireno Expandido, que no sólo se usa para embalar los juguetes, sino también para elaborar juguetes por su fácil moldeabilidad.

## Anexos

---

Deporte: sobre todo en la fabricación de prendas deportivas técnicas y en accesorios como esquís, cascos, bastones.

### Cartón

Este es uno de los materiales básicos de los envases ya que es un material formado por varias capas de papel superpuestas, a base de fibra virgen o de papel reciclado y es más grueso, duro y resistente que el papel. Algunos tipos de cartón son usados para fabricar embalajes, básicamente cajas de diversos tipos. La capa superior puede recibir un acabado diferente llamado «estuco» que le confiere mayor vistosidad.

Incluso en la construcción tiene participación el cartón. Los métodos tradicionales de división interna de los edificios han consistido en muros de albañilería de 10 a 15 cm de espesor de hormigón, yeso o piedra pómez, pintados o encalados; también se han utilizado estructuras de madera o metal cubiertas con listones de madera enyesados.

-  Los sacos multicapas, sacos de azúcar y cubos de grasa (plástico) tienen diferentes aplicaciones si son transformados en empresas de reciclaje ya que a través de transformaciones en estos que ya fueron utilizados permite que vuelva a sean empleados nuevamente.

**Anexo 73:** Inventario de malas prácticas, indisciplinas tecnológicas y otras deficiencias detectadas con sus correspondientes pérdidas al año. **Fuente:** Elaboración propia por observación directa en los recorridos de las plantas, herramientas aplicadas y banco de problemas de la empresa.

Técnica	Problemas detectados		
	Planta de helado	Planta de queso	
<b>Balace del consumo de agua y residuos líquidos. Criterio de los expertos</b>	P1.Existe un solo un metro contador de agua a la salida de la cisterna que es para la empresa en general.		
	P2.En la planificación del consumo de agua se toma como referencia un día donde hace todos sus productos y los valores máximos de la norma de consumo del recurso; lo que no trae beneficios con la nueva resolución (169/2012 del INRH) para Reasignaciones Operativas del Balance de Agua.		
	P3.Banco de hielo: para garantizar el nivel mínimo de agua se desconecta el sistema de bombeo del banco al llegar al mínimo y se repone la faltante de forma manual y para el máximo se derrama por reboso y cuando el operador se percata de esta situación cierra la entrada de agua de reposición al banco. No existe indicación sonora ni lumínica sobre la temperatura máxima y mínima en el agua del banco de hielo a la entrada y salida del mismo. Este problema también causa pérdidas de energía eléctrica.		
	P4.El Tanque elevado no tiene control del nivel máximo de agua lo que trae consigo que a veces se derrame el agua.		
	Se generan grandes volúmenes de residuales líquidos por derrame de agua a causa de las malas prácticas a las que se acostumbra en la organización:		
	P5 <sub>H</sub> .Derrame de agua por mala manipulación de las mangueras en: <ul style="list-style-type: none"> <li>🌍 limpieza de equipos por fuera, piso y paredes (2 564,352m<sup>3</sup>).</li> <li>🌍 fregado de cubos (362,88 m<sup>3</sup>).</li> </ul>	P5 <sub>Q</sub> .Derrame de agua por mala manipulación de las mangueras en: <ul style="list-style-type: none"> <li>🌍 limpieza de equipos por fuera, piso y paredes (2 419,2 m<sup>3</sup>).</li> <li>🌍 fregado de carros en transporte y pipas (665,28m<sup>3</sup>).</li> </ul>	
	P6 <sub>H</sub> .No se recupera de los agentes de limpieza interna de línea (1 267,2m <sup>3</sup> ) y el agua de enjuague la línea (6 414,98m <sup>3</sup> )	P6 <sub>Q</sub> .No se recupera el agua de enjuague la línea (4258,95 m <sup>3</sup> )	
	P7 <sub>H</sub> . Desperfectos en plumas de agua Área Comercial, Almacén, Edificio admón. y comedor (766,5m <sup>3</sup> )	P8 <sub>Q</sub> .Derrame por mal ajuste de válvulas y accesorios en la limpieza de cubas internas y moldes (1 095m <sup>3</sup> )	
	P9 <sub>H</sub> .No se recupera el agua ni los agentes de limpieza de la línea por rotura de la bomba sanitaria.	P10 <sub>Q</sub> .No se recupera el agua que se pierde al calentar la leche (proceso de coagulación de la leche) en todas las líneas de queso (94 747,29 m <sup>3</sup> ). Este problema también causa pérdidas de energía eléctrica.	
	P11 <sub>H</sub> . En los baños de mujeres y	P11 <sub>Q</sub> .En los baños de mujeres y	

## Anexos

	<p>hombres tienen mala calidad de los herrajes de inodoros (254,04m<sup>3</sup>). Este problema también causa pérdidas de energía eléctrica.</p>	<p>hombres tienen mala calidad de los herrajes de inodoros (182,5m<sup>3</sup>). Este problema también causa pérdidas de energía eléctrica.</p>
	-	<p>P12<sub>Q</sub>. No se aprovecha todo el suero y agua hiladura que se genera producto a la insuficiente capacidad de los recipientes de almacenamiento.</p>
<p><b>Balace del consumo energía eléctrica. Criterio de los expertos</b></p>	<p><b>P13<sub>H</sub></b>. Falta de insulación en tuberías de frío:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de refrigeración: Tuberías sin o con insulación insuficiente, uniones universales de tuberías, tanques de amoniaco, terminales de tuberías en compresores de NH<sub>3</sub> (23,72 MWh).</li> <li>• En el salón de producción: falta de insulación en tuberías de frío (0.21 MWh).</li> </ul>	<p>P13<sub>Q</sub>. Falta de insulación en tuberías de frío:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tanque de amoniaco que se encuentra sobre el banco y el separador de líquidos tienen insuficiente insulación (11.52 MWh).</li> <li>• Existen tuberías de agua helada sin insular en área de recibo (0.32 MWh).</li> <li>• Faltan tuberías de agua helada del sistema de frío por insular (1.60 MWh).</li> <li>• En el área de recibo existen dos tanques de enfriamiento de leche (uno en el piso inferior y otro en el superior) con problemas en la insulación (0.16 MWh).</li> </ul>
	<p>P14<sub>H</sub>. Salideros de aire: en válvula del primer filtro y en lateral del primer filtro (3.01 MWh).</p>	<p>P15<sub>Q</sub>. En sala de máquina el banco de hielo no está completamente aislado (12.05 MWh).</p>
	<p>P16<sub>H</sub>. Suciedad en ambos filtros de aire y mallas protectoras rotas (4.35 MWh).</p>	<p>P16<sub>Q</sub>. Los filtros de los compresores de aire están sucios (15.23 MWh).</p>
	<p>P17. Existen conexiones eléctricas (cables) sin canalizar en sala de máquina.</p>	
	<p>P18<sub>H</sub>. El indicador de temperatura de la nevera de -30°C se encuentra sin verificar</p>	<p>P19<sub>Q</sub>. Recamara de enfriamiento sin cortina y con salidero por la parte inferior de la puerta línea de quesos fundidos (1.28 MWh).</p>
	<p>P20<sub>H</sub>. Desajuste en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nevera de -30°C en parte inferior de la puerta pequeña (20.73 MWh).</li> <li>• nevera de -15°C en lateral superior delantero de la puerta (6.31 MWh).</li> </ul>	<p>P20<sub>Q</sub>. Desajuste en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• parte inferior de la puerta de la nevera que sale al pasillo y sin cortina (0.96 MWh).</li> <li>• puertas de 4 cámaras refrigeradas en línea de quesos azules (7.24 MWh).</li> <li>• puerta de la cámara refrigerada</li> </ul>

## Anexos

		en línea de cuajada (0.72 MWh).
	P21 <sub>H</sub> . Sistemas de capacitores trabajando de forma manual.	P22 <sub>Q</sub> . En línea de quesos azules el salón de oreo no tiene cortina en sus dos puertas (1.06 MWh).
	P23 <sub>H</sub> . Falta hermetizar parte del banco de hielo (32.37 MWh).	-
	P24 <sub>H</sub> . Faltan los agitadores del banco de hielo y con frecuencia se congela por partes (12.06 MWh).	-
<b>Balance del consumo de diesel en helado y de fuel oil en queso. Criterio de los expertos</b>	P25. No existe flujómetro de combustible para conocer con precisión los consumos de combustible en las calderas y su consumo se registra de forma general por las facturas que llegan a la empresa. Este problema también causa pérdidas de electricidad.	
	P26 <sub>H</sub> . Salideros de diesel (vapor) en: <ul style="list-style-type: none"> <li>🌐 Sala de calderas: por filtro de la tubería de retorno de la caldera (goteo) y por la unión de la tubería que va del tanque auxiliar al tanque propio de la caldera en la parte exterior del local de calderas (0,061m<sup>3</sup>).</li> <li>🌐 En salón de producción hay pase por la válvula de vapor que se encuentra en el bajante cercano a los tanques de envejecimiento (0.129 m<sup>3</sup>). Este problema también causa pérdidas de electricidad y agua.</li> </ul>	P26 <sub>Q</sub> . Salideros de fuel oil (vapor) en: <ul style="list-style-type: none"> <li>🌐 En línea de quesos fundidos hay salidero de vapor por válvula del bajante cercano a la entrada de la línea (1.024 m<sup>3</sup>).</li> <li>🌐 Existen dos bajantes en la línea de recibo en su parte exterior con salideros por válvula (1.002 m<sup>3</sup>).</li> <li>🌐 válvula de la fundidora en línea de quesos fundidos (6.19 m<sup>3</sup>).</li> <li>🌐 por válvula del bajante que se encuentra ubicado en el cuarto de enfriamiento de leche (0.501 m<sup>3</sup>).</li> </ul> <p>Este problema también causa pérdidas de energía eléctrica y agua.</p>
	P27 <sub>H</sub> . Falta insulación en tuberías de vapor: <ul style="list-style-type: none"> <li>🌐 En la sala de calderas (0,198m<sup>3</sup>).</li> <li>🌐 En el salón de mezcla (0,58 m<sup>3</sup>).</li> <li>🌐 En salón de producción (0,39m<sup>3</sup>).</li> </ul> <p>Este problema también causa pérdidas de electricidad.</p>	P27 <sub>Q</sub> . Falta de insulación en tuberías de vapor: <ul style="list-style-type: none"> <li>🌐 En línea de quesos fundidos existen tuberías de vapor sin insular y con alta corrosión (1,13 m<sup>3</sup>).</li> <li>🌐 En pasillo exterior del recibo hasta entrada de línea de azules existen tuberías de vapor sin insulación (5,65 m<sup>3</sup>).</li> </ul> <p>Este problema también causa pérdidas de electricidad.</p>
	P28 <sub>H</sub> . En salón de mezclas no funcionan las trampas de vapor	P29 <sub>Q</sub> . En línea de quesos pasta hilada la cuba de agua caliente se desborda

## Anexos

	(0.857 m <sup>3</sup> ).	(30,90m <sup>3</sup> ). Este problema también causa pérdidas de energía eléctrica y agua.
	P30 <sub>H</sub> . En salón de mezclas no se recupera el condensado (0.6577 m <sup>3</sup> ). Este problema también causa pérdidas de electricidad y agua.	-
<b>Balance del producto final</b>	-	P31 <sub>Q</sub> . La máquina descremadora no está funcionando ya que producto al desgaste el rodamiento especial de sistema de eje vertical está roto.
<b>Lista de chequeo 1 (manejo de materiales)</b>	P32.No se realizan mantenimientos preventivos a las máquinas y herramientas.	
	P33.No se realizan con la puntualidad necesaria un control óptico de todas las tuberías, canales y equipos para detectar pérdidas.	
<b>Formularios para diagnosticar los residuos y Balance de los residuos sólidos y semisólidos generados</b>	P34.Se mezcla el cartón y cubos plásticos rotos.	
	-	P35 <sub>Q</sub> . Mezclan el suero con el agua hiladura.
	P36.Es desechada la grasa que se extrae de las trampas de grasa.	
	-	P37 <sub>Q</sub> . Recortes de nylon y papel aluminio es desechado.
<b>Lista de chequeo 2 (manejo de residuales)</b>	P38.No están todos los recipientes para residuos uniformemente señalados de acuerdo al tipo de uso utilizando indicaciones de color, señalamientos uniformes y símbolos.	
	P39.No examinan si los residuos o los subproductos en las distintas fases del proceso de producción pueden ser reutilizados.	
	P43.No están correctamente habilitados, de acuerdo a las normas vigentes, los basureros/vertederos en que se depositan los residuos.	
	P41 <sub>H</sub> . No se disponen medios o recipientes para almacenar los residuos.	P41 <sub>Q</sub> . No se evitan mezclar los diferentes residuos.

**Anexo 74:** Oportunidades de mejoras a los problemas detectados. **Fuente:** Elaboración propia.

Las oportunidades de mejoras/ahorro posibles a aplicar en el proceso objeto de estudio en aras de disminuir los problemas identificados a partir de todas las herramientas aplicadas y análisis realizados están relacionadas con:

**Buenas prácticas operativas para el uso eficiente del agua, la energía y las materias primas.**

Están encaminados a mejorar y optimizar los procesos productivos y de servicios e involucra un cambio de actitudes que busca el manejo apropiado y racional de los recursos utilizados como el agua, la energía, las materias primas e insumos mediante una cultura empresarial adecuada. En general, son medidas más sencillas que no implican cambios significativos en los procesos o en los equipos; más bien se trata de cambios en los procedimientos operacionales, en las actitudes de los empleados y, sobretodo, de un mejor manejo a nivel administrativo.

1. Eliminar fugas por salideros de agua, producto y amoníaco.
2. Reparar los servicios sanitarios con problemas en los herrajes (P11<sub>H y Q.</sub>).
3. Implementar medidas de eficiencia energética en los motores y equipos.
4. Realizar estudios de iluminación para determinar la cantidad de tejas traslúcidas a colocar en paredes y techos de las plantas con el fin de aprovechar la iluminación natural.
5. Acumular el agua de enjuague y agentes de limpieza interna de línea para que sea aprovechada para disminuir la carga dispuesta a la Bahía (P6<sub>H y Q.</sub>)
6. Al juntar toda la grasa acumulada en las trampas de grasa de cada una de las plantas no enterrarla en el perímetro de la empresa y emplearla en la elaboración de productos industriales (P36.).
7. Definir índices de consumo actualizado para el agua, la energía eléctrica y el fuel oil por tonelada de cada tipo de queso y helado (P2.).
8. Limpiar ambos filtros de aire y reparar mallas protectoras de la planta de helado y los filtros de los compresores de aire de la planta de queso (P16.).

## Anexos

---

9. Recuperar la protección térmica (aislamiento) térmico en las tuberías de frío y vapor, siendo necesario insular:

Tuberías de frío en la planta de helado (P13<sub>H</sub>.)

- 🌐 Sistema de refrigeración: Comprar 60 m de insulación para las tuberías sin insulación o con insulación insuficiente, comprar insulación para 20 uniones universales de tuberías, comprar insulación para 2 m<sup>2</sup> de tanques de amoniaco y comprar insulación para 4 terminales de tuberías en compresores de NH<sub>3</sub>.
- 🌐 Salón de producción: Comprar 10 m de tuberías de frío.

Tuberías de frío en la planta de queso (P13<sub>Q</sub>.)

- 🌐 14 m<sup>3</sup> de los tanques de amoniaco.
- 🌐 80 m de tuberías de agua helada en área de recibo.
- 🌐 10 m de tuberías de agua fría del sistema de frío.
- 🌐 En el área de recibo reparar la insulación de dos tanques de enfriamiento de leche (uno en piso inferior y otro en el superior)

Tuberías de vapor en la planta de helado (P27<sub>H</sub>.)

- 🌐 6 m de tuberías de vapor en la sala de calderas.
- 🌐 5 m de tuberías de vapor en el salón de mezcla.
- 🌐 4 m de tuberías de vapor en el salón de producción.

Tuberías de vapor en la planta de queso (P27<sub>Q</sub>.)

- 🌐 9 m de tuberías de vapor y eliminar corrosión en línea de quesos fundidos.
- 🌐 45 m de tuberías de vapor en pasillo exterior del recibo hasta entrada de línea de azules.

10. Canalizar 15 m de cables eléctricos en sala de máquinas de la planta de helado y 30 m de cables eléctricos en sala de máquina de la planta de queso (P17.).

11. Verificar por la OTN el indicador de temperatura de la nevera de -30°C (P18<sub>H</sub>.).

12. En la planta de helado eliminar escape de frío en (P20<sub>H</sub>.):

- 🌐 Puerta pequeña de la nevera de -30°C restablecer parte inferior.
- 🌐 Puerta de la nevera de -15°C ajustar por tornillo en lateral superior delantero.

13. Eliminar salideros de vapor identificados en ambas plantas:

## Anexos

---

### Planta de helado (P26<sub>H</sub>):

- 🌐 Sala de calderas: por filtro de la tubería de retorno de la caldera (goteo) y por la unión de la tubería que va del tanque auxiliar al tanque propio de la caldera en la parte exterior del local de calderas.
- 🌐 Salón de producción ya que hay pase por la válvula de vapor que se encuentra en el bajante cercano a los tanques de envejecimiento.

### Planta de queso (P26<sub>Q</sub>):

- 🌐 de los dos bajantes en la línea de recibo por válvula.
  - 🌐 por válvula del bajante cercano a la entrada de la línea de quesos fundidos.
  - 🌐 por la válvula de la fundidora en línea de quesos fundidos.
  - 🌐 por válvula del bajante que se encuentra ubicado en el cuarto de enfriamiento de leche.
14. Establecer un sistema para recuperar el condensado en el salón de mezclas (P30<sub>H</sub>).
15. Colocar tapa a 1 m<sup>2</sup> del banco de hielo de la sala de máquina (P15<sub>Q</sub>).
16. Ajustar en la planta de queso:
- 🌐 Puerta de entrada desde el salón de fundido, e instalar 2 cortinas a las puertas de la recámara de enfriamiento (P19<sub>Q</sub>).

### P20<sub>Q</sub>.

- 🌐 Puerta de la nevera y colocarle cortina.
  - 🌐 4 puertas de las neveras de amaya, maduración 1, maduración 2 y nevera de salado.
  - 🌐 Puerta de la nevera en línea de cuajada.
17. Colocar cortinas en las dos puertas del salón de oreo de línea de quesos azules (P22<sub>Q</sub>).

### **Gestión y práctica del personal**

18. Garantizar una adecuada capacitación de los operarios, en especial a los relacionados con la rama de logística con el propósito de hacer un estudio logístico para garantizar un adecuado transporte y distribución de los cubos con o sin helado.
19. Establecer un programa de seminarios de capacitación para operarios, especialistas y directivos en materia de Ecología Industrial para formar conciencia y fomentar la investigación sobre la importancia del ahorro y reutilización de recursos, residuos o los

## Anexos

---

subproductos en las distintas fases del proceso de producción para que los mismos se preocupen por este aspecto y busquen alternativas de solución (P39.).

20. Elaborar y aplicar de un plan de mantenimiento preventivo que cumpla con las necesidades de la fábrica para evitar la rotura de equipos de manera general y el derrame por mal ajuste de válvulas y accesorios en la limpieza de cubas internas y moldes de la planta de queso (P32. y P8<sub>Q.</sub>).

21. Ejecutar un cronograma que establezca las fechas para realizar recorridos por las plantas con el propósito de revisar todas las tuberías, equipos y realizar reportes en caso de haber desperfectos para que sean reparados (P33.).

22. Habilitar espacio delimitado en el área de almacén para cada tipo de residuo (cartón y cubos plásticos rotos principalmente) e informar a los trabajadores de la importancia de no mezclarlos (P34.).

23. Colocar en cada uno de los recipientes para residuos indicaciones de color, señalamientos uniformes y símbolos que permitan identificar el tipo de residuo y uso al que pertenece (P38.).

24. Hacer un estudio de las normas de basureros/vertederos para depósito de residuos y evaluar la situación en correspondencia a los resultados (P40.).

### Tecnología

25. Comprar e instalar metro contador instantáneo, flujómetros, hidrómetros para controlar el consumo de agua, diesel y fuel oil por cada una de las plantas de la empresa y conocer con precisión los consumos de agua y combustible en las calderas (P1., P25.).

26. Restablecer el flotante del banco de hielo para garantizar los niveles de agua establecidos sin que se derrame por reboso y colocar la indicación sonora y lumínica de la temperatura máxima y mínima en el agua a la entrada y salida del banco de hielo (P3.).

27. Poner al Tanque elevado el control del nivel máximo de agua para evitar derrame de agua (P4.).

28. Colocar válvulas de accionamiento automático (gatillos de apertura y cierre rápido) en las mangueras utilizadas para la limpieza (P5<sub>H y Q.</sub>).

29. Colocar el equipamiento necesario para el fregado de carros en transporte y pipas ya que al no tener la presión e instrumentos se consume mayor cantidad de agua al pasar más

## Anexos

---

tiempo limpiando para que se desprenda el churre o restos de materias primas en las pipas (P6<sub>Q.</sub>).

30. Comprar una válvula para que sea reemplazada por la actual porque está rota, evitando la pérdida de agua en el Almacén y, en Edificio admón. comedor arreglar dos válvulas que tienen desperfectos (P7<sub>H.</sub>).

31. Ubicar una cisterna, para recuperar el agua que se pierde al calentar la leche (proceso de coagulación de la leche) en todas las líneas de queso, ya que el agua de reposición es menor que la consumida actualmente (P10<sub>Q.</sub>).

32. Comprar una válvula de aire y ajustar filtro de aire para evitar los salideros de aire en válvula del primer filtro y en lateral del primer filtro (P14<sub>H.</sub>).

33. Restablecer el automático del sistema de capacitores ya que estos se encuentran trabajando de forma manual (P21<sub>H.</sub>).

34. Comprar tapas para una superficie de 2 m<sup>2</sup> para hermetizar parte del banco de hielo (P23<sub>H.</sub>).

35. Rehabilitar los dos agitadores del banco de hielo para buscar uniformidad en la temperatura del agua y lograr mejor intercambio ya que con frecuencia se congela por partes (P24<sub>H.</sub>).

36. Restablecer las 5 trampas de vapor de los tanques disolución que se encuentran en el salón de mezclas (P28<sub>H.</sub>).

37. Colocar sistema de flotante en línea de quesos pasta hilada para controlar el nivel máximo de agua caliente de la cuba (P29<sub>Q.</sub>).

38. Comprar el rodamiento especial de sistema de eje vertical de la máquina descremadora para que el producto salga con las especificaciones de calidad establecidas (P31<sub>Q.</sub>).

39. Comprar una bomba para que el agua con agentes de limpieza recircule (P9<sub>H.</sub>).

### **Recuperación de subproductos y residuos útiles**

40. Instalar un tanque para depositar y así aprovechar todo el suero y agua hiladura que se genera en el proceso de producción de queso (P12<sub>Q.</sub>).

41. Garantizar los medios o recipientes para almacenar los residuos que son generados en los diferentes procesos de la planta y así sean aprovechados (P33<sub>H.</sub>).

## Anexos

---

42. No mezclar el suero y agua hiladura u otros residuos ya que pueden ser utilizados en la producción industrial teniendo mayor oportunidad de ingresar utilidades que la venta como alimento animal (P35<sub>Q</sub>. y P41<sub>Q</sub>.).

43. Hacer contrato con la empresa de recuperación de Materias Primas con el fin de reciclar los recortes de nylon y papel aluminio que quedan al finalizar el proceso (P37<sub>Q</sub>.).

## Anexos

---

**Anexo 75:** Encuesta a los expertos seleccionados en la empresa para priorizar aquellas acciones de mejora de mayor importancia. **Fuente:** Elaboración propia.

Estimado (a) compañero (a):

Esta encuesta, que tiene como objetivo que usted priorice aquellas medidas que requieran atención inmediata, por considerar que son las que representan mayor urgencia. Debe realizar por orden de importancia la priorización, para decidir cuáles son las mejoras cardinales, tomando en cuenta los problemas que más impacto tienen desfavorablemente económico o ambientalmente. Por ello se le pide que lea con detenimiento y responda con total sinceridad marcando con una cruz atendiendo a las siguientes calificaciones:

**MN:** Muy necesario.

**BN:** Bastante necesario.

**N:** Necesario.

**PN:** Poco necesario.

**NN:** No necesario.

Acciones de mejora	Categorías de evaluación				
	MN	BN	N	PN	NN
Colocar un tanque de 15 m <sup>3</sup> en planta para colectar el agua de enjuague de la línea de helado.					
Ubicar una cisterna de 350 m <sup>3</sup> para recuperar el agua que se pierde en proceso de coagulación de la leche en todas las líneas de queso.					
Colocar 7 válvulas de accionamiento automático (gatillos de apertura y cierre rápido) en las mangueras utilizadas para la limpieza.					
Instalar un tanque de 2m <sup>3</sup> para depositar y así aprovechar todo el suero y agua hiladura que se genera en el proceso de producción de queso.					
Recuperar la protección térmica (aislamiento) de las tuberías de vapor.					
Comprar una válvula para poner en el Almacén y sea reemplazada por la actual porque está rota.					
Instalar el rodamiento especial de sistema de eje vertical de la máquina descremadora.					
Comprar una bomba centrífuga para que el agua con agentes de limpieza recircule.					

Muchas Gracias.

## Anexos

**Tabla 1:** Resultado de la votación de los expertos. **Fuente:** Elaboración propia.

	Medidas de mayor urgencia a resolver para la empresa	Valoración de expertos							
		E1	E2	E3	E4	E5	E5	E7	E8
M1	Colocar un tanque de 15 m <sup>3</sup> en planta para colectar el agua de enjuague de la línea de helado.	3	2	3	2	3	3	2	3
M1	Ubicar una cisterna de 350 m <sup>3</sup> para recuperar el agua que se pierde en proceso de coagulación de la leche en todas las líneas de queso.	1	1	1	1	1	2	1	1
M1	Colocar 7 válvulas de accionamiento automático (gatillos de apertura y cierre rápido) en las mangueras utilizadas para la limpieza.	3	3	3	4	4	4	2	4
M1	Instalar un tanque de 2m <sup>3</sup> para depositar y así aprovechar todo el suero y agua hiladura que se genera en el proceso de producción de queso.	2	2	2	2	3	2	2	3
M1	Recuperar la protección térmica (aislamiento) de las tuberías de vapor.	3	3	4	3	3	2	2	2
M1	Comprar una válvula para poner en el Almacén y sea reemplazada por la actual porque está rota.	4	4	4	4	4	3	4	4
M1	Instalar el rodamiento especial de sistema de eje vertical de la máquina descremadora.	2	1	1	2	1	2	1	1
M1	Comprar una bomba centrífuga para que el agua con agentes de limpieza recircule.	4	3	3	3	3	3	3	4

**Tabla 2:** Estadísticos descriptivos. **Fuente:** Elaboración propia.

Acciones de mejora	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
M1	8	2,63	,518	2	3
M2	8	1,13	,354	1	2
M3	8	3,38	,744	2	4
M4	8	2,25	,463	2	3
M5	8	2,75	,707	2	4
M6	8	3,88	,354	3	4
M7	8	1,38	,518	1	2
M8	8	3,25	,463	3	4

**Tabla 3:** Rangos de la Prueba W de Kendall. **Fuente:** Elaboración propia.

Medidas de mayor urgencia a resolver para la empresa	Rango promedio	Prioridad
Colocar un tanque de 15 m <sup>3</sup> en planta para colectar el agua de enjuague de la línea de helado.	4,50	4
Ubicar una cisterna de 350 m <sup>3</sup> para recuperar el agua que se pierde en proceso de coagulación de la leche en todas las líneas de queso.	1,50	1
Colocar 7 válvulas de accionamiento automático (gatillos de apertura y cierre rápido) en las mangueras utilizadas para la limpieza.	6,31	7
Instalar un tanque de 2m <sup>3</sup> para depositar y así aprovechar todo el suero y agua hiladura que se genera en el proceso de producción de queso.	3,50	3
Recuperar la protección térmica (aislamiento) de las tuberías de vapor.	4,81	5
Comprar una válvula para poner en el Almacén y sea reemplazada por la actual porque está rota.	7,38	8

## Anexos

---

Instalar el rodamiento especial de sistema de eje vertical de la máquina descremadora.	1,94	2
Comprar una bomba centrífuga para que el agua con agentes de limpieza recircule.	6,06	6

**Tabla 4:** Estadísticos de contraste. **Fuente:** Elaboración propia.

N	8
W de Kendall <sup>a</sup>	,811
Chi-cuadrado	45,402
gl	7
Sig. asintót.	,000

Existe concordancia entre los expertos ya que el estadístico W de Kendall tiene un valor de 0,811 por lo que se acepta la decisión.

## Anexos

**Anexo 76:** Factibilidad técnica, económica y ambiental de las potencialidades de ahorro.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 1:** Factibilidad técnico, ambiental y resumen de la económica de las medidas de ahorro propuestas. Fuente: Elaboración propia.

Medida	Aspecto técnico	Aspecto económico			Aspecto ambiental
		Inversión (CUP)	Ingresos (CUP)	PRI (mes)	
31. (P10 <sub>Q.</sub> )	Ubicar una cisterna de 350 m <sup>3</sup> (10*10*3,5 m) para recuperar el agua que se pierde al calentar la leche (proceso de coagulación de la leche) en todas las líneas de queso y entonces la misma recircula.	21 680,37	28 319,19	20	Disminuye el sobre consumo y pérdidas de agua, así como la cantidad que es dispuesta (94 397,29 m <sup>3</sup> /año).
38. (P31 <sub>Q.</sub> )	Instalar el rodamiento especial de sistema de eje vertical de la máquina descremadora.	7 529,17	34 534,24	12	Los residuales van a tener una menor carga ya que la cantidad de grasa en estos va a disminuir.
40. (P12 <sub>Q.</sub> )	Instalar un tanque de 2m <sup>3</sup> para depositar y así aprovechar todo el suero y agua hiladura que se genera en el proceso de producción de queso.	11 307,29	39 519,3	9	Aminora la carga orgánica dispuesta y por ende el volumen de residuales líquidos con alto contenido de materias orgánicas y nutrientes.
5. (P6 <sub>H.</sub> )	Colocar un tanque de 15 m <sup>3</sup> en planta para colectar el agua de enjuague de la línea.	16 936,38	120 126	4	Reduce el vertimiento de la carga orgánica a los residuales siendo de 6,12 kg/h en planta helado y la disminución es de 4004,21 m <sup>3</sup> /año.
9. (P27 <sub>Hy</sub> a)	Recuperar la protección térmica (aislamiento) de las tuberías vapor.  Insular 69 m de tuberías de vapor.	1 740,18	5 771,56	7	Permite optimizar la transferencia de calor en el sistema, lográndose parámetros operacionales que accedan a la mejora continua, disminuye el consumo de combustible, garantiza un ambiente adecuado en cuanto a la seguridad industrial y el valor humano. Se reduce el consumo

## Anexos

					de fuel oil en 6,78 y diesel en 1,168 m <sup>3</sup> /año.
39. (P9 <sub>H</sub> .)	Comprar una bomba centrífuga para que el agua con agentes de limpieza recircule.	3 114,58	4 498,16	18	Aminora el consumo de agua en 1 267,2m <sup>3</sup> /año y disminuye la cantidad de residuales líquidos con concentraciones de hidróxido de sodio y ácido fosfórico (hidróxido de sodio = 6 456 kg y ácido = 756kg), reduciendo el consumo de estos agentes de limpieza y desmaterializando el proceso al utilizar menor cantidad.
28. (P5 <sub>H</sub> y Q.)	Colocar 7 válvulas de accionamiento automático (gatillos de apertura y cierre rápido) en las mangueras utilizadas para la limpieza.	182,35	1 803,5	2	Reduce el consumo de agua en 6011,71 m <sup>3</sup> anuales, además de disminuir el volumen de los residuales líquidos.
30. (P7 <sub>H</sub> .)	Comprar una válvula para que sea reemplazada por la actual porque está rota, evitando la pérdida de agua en el Almacén.	15,46	87,6	4	Realizar el cambio de la válvula es oportuno para disminuir 292 m <sup>3</sup> agua que ocasiona la rotura de la misma. Este portador determina en gran medida la estrategia productiva por ser los procesos de la empresa grandes consumidores de agua.

### Aspecto económico

Para realizar la factibilidad económica es importante aclarar que en cada una de los proyectos el período de tiempo que se toma está condicionado en algunos casos, por la valorización técnica realizada por los expertos sobre el activo fijo en cuestión, lo que significa que se prolonga la vida útil del mismo en cierta cantidad de años a cuenta de la capitalización que se realiza y en otros, por ser una inversión completa o reemplazo del activo fijo la vida útil está determinada por la vida útil económica que se fija en la carta tecnológica del mismos.

- 🌐 Cálculos del estudio de factibilidad económica de ubicar una cisterna de 350 m<sup>3</sup>(10\*10\*3,5 m) para no perder el agua que se derrama al calentar la leche (proceso

## Anexos

---

de coagulación de la leche) en todas las líneas de queso; contribuyendo a que esta recircule y no sea derramada(P10<sub>Q</sub>).

Para cuantificar la inversión de la cantidad de materiales, mano de obra y equipos que son necesarios para la construcción de la cisterna se utiliza la ayuda del programa PresWin 6.2, que es utilizado actualmente en los grupos empresariales de la construcción al que se le introducen los datos siguientes:

- Excavación: 350m<sup>3</sup> mecanizada.
- Fundición de losa del fondo = 0,20m<sub>espesor</sub> x 10m<sub>largo</sub> x 10m<sub>ancho</sub> = 20m<sup>3</sup>

Esa losa de fondo lleva 34 barras de acero de 5/8 pulgadas horizontal y 34 vertical.

34barras x 9.95 (largo de la barra) = 338,3m x 1.56kg (peso de la barra) = 0.53t x 2 = 1.06t

El hormigón que necesita es para 20m<sup>3</sup>. En cemento son 8 t, en arena 136 m<sup>3</sup> y en piedra 14,8m<sup>3</sup>.

- Muros = 10m<sub>largo</sub> x 3.5m<sub>ancho</sub> x 4 muros = 140m<sup>2</sup>.

Estos llevan salpicado (arena no fina y cemento) de 280m<sup>2</sup>, de resano (arena, cemento, cal y recebo (tierra amarilla)) 280m<sup>2</sup>, de fino (arena fina y cemento) 140m<sup>2</sup> y estuco (cemento y cal) 240m<sup>2</sup>.

- Cerramiento = 10m<sub>largo</sub> x 0.25m<sub>altura</sub> x 0.20m<sub>ancho</sub> x 5muros = 2.50m<sup>3</sup>

El hormigón para 2.50m<sup>3</sup> es de cemento 0.9t, arena 1.7m<sup>3</sup> y piedra 1.85m<sup>3</sup>.

Para encofrado para el cerramiento es 50m<sup>2</sup> = (0.25mx10mx2x10)

Acero de ½ pulgada = 200m x 0.994kg = 0.199t y acero de 3/8 pulgadas = 180mx0.249kg = 0.045t.

- Losa cubierta = 10m<sub>largo</sub> x 10m<sub>ancho</sub> x 0.12m<sub>espesor</sub> = 12m<sup>3</sup>

Esta lleva de cemento 4.20t, arena 8.16m<sup>3</sup> y piedra 8.88m<sup>3</sup>. Mientras que de acero de ½ pulgada lleva 0.672t y de encofrado 104,8m.

Como resultado el PresWin muestra por cada una de las etapas necesarias para la realización de la cisterna (cimentaciones, muros de carga, cerramiento, losa de cubierta) las cantidades a utilizar, es decir el presupuesto por renglones variantes y unidades de obra, como se muestra a continuación. También en esos resultados presenta el total general que requieren todos los recursos a emplear.

 <b>Presupuesto por Renglones Variantes y Unidades de Obra</b>							
Obra : 04301 CISTERNA EMPRESA DE PRODUCTOS LACTEOS ESCAMBRAY							
RV/UO	Suministro	Descripción	UM	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	
<b>Listado de Cantidades : CONSTRUCCION DE CISTERNA</b>							
<b>Brigada:</b>	001	BRIGADA 1					
<b>Eta:</b>	1101	Cimentaciones					
012123		EN TIERRA DE 4 A 20 M2 DE SECCION E	m3	20,00	\$0,40	\$8,00	
042724		CON HORMIGON DE HASTA 200 KG/CM2	m3	20,00	\$5,30	\$106,00	
042724	P000191818	PIEDRA HORMIGON	M3	14,80	\$9,94	\$147,11	
042724	P000196877	CEMENTO P-350	T	8,00	\$105,38	\$843,04	
042724	P442104010	ARENA	M3	13,60	\$16,09	\$218,82	
<b>Total del RV/ UO</b>						<b>\$1.314,98</b>	
301305		DE 16 MM DE DIAMETRO	tm	1,06	\$11,01	\$11,67	
301305	ATBARRA160	ACERO CORRUGADO D 16 MM	T	1,09	\$767,73	\$838,21	
<b>Total del RV/ UO</b>						<b>\$849,88</b>	
305351		HASTA 16 MM EN LOSAS PLANAS O CUR	tm	1,06	\$43,08	\$45,66	
305351	P148021000	ALAMBRE LISO	U	2,00	\$110,30	\$220,60	
<b>Total del RV/ UO</b>						<b>\$266,26</b>	
<b>Total Etapa o Especialidad</b>						<b>\$2.439,12</b>	
<b>Eta:</b>	1206	Muros de carga					
031152		MURO DE BLOQUE DE 0.20 MACIZADO C	m2	140,00	\$4,43	\$620,20	
031152	3999990000	AGUAPOTABLE	m3	4,20	\$0,30	\$1,26	
031152	ATBL200000	BLOQUE DE 0.20 M	U	1,79	\$0,88	\$1,58	
031152	P000191818	PIEDRA HORMIGON	M3	9,80	\$9,94	\$97,41	
031152	P000196877	CEMENTO P-350	T	8,00	\$105,38	\$843,04	
031152	P442104010	ARENA	M3	12,60	\$16,09	\$202,73	
<b>Total del RV/ UO</b>						<b>\$1.766,22</b>	
131101		RESANO CON MORTERO EN PAREDES	m2	280,00	\$1,09	\$305,20	
131101	4411030001	HIDRATO DE CAL DE PRIMERA EN BOLS	bs	52,37	\$1,98	\$103,70	
131101	P000196877	CEMENTO P-350	T	1,13	\$105,38	\$119,08	
131101	P442104010	ARENA	M3	3,11	\$16,09	\$50,01	
<b>Total del RV/ UO</b>						<b>\$577,99</b>	
131141		SALPICADO PARED HORMIGON CON MC	m2	280,00	\$0,46	\$128,80	
131141	P000196877	CEMENTO P-350	T	1,01	\$105,38	\$106,64	
131141	P442104010	ARENA	M3	1,33	\$16,09	\$21,40	
<b>Total del RV/ UO</b>						<b>\$256,84</b>	
131201	4411030001	HIDRATO DE CAL DE PRIMERA EN BOLS	bs	13,44	\$1,98	\$26,62	
131201	P000196877	CEMENTO P-350	T	0,30	\$105,38	\$31,61	
131201	P442104010	ARENA	M3	0,80	\$16,09	\$12,83	
131201		EN PAREDES HASTA 3.00 ALTURA CON	m2	140,00	\$0,99	\$138,60	
<b>Total del RV/ UO</b>						<b>\$209,67</b>	
131613		EN PAREDES CON MASILLA DE CAL Y CE	m2	240,00	\$1,36	\$326,40	
131613	AT0CAL0000	HIDRATO DE CAL	KG	1797,12	\$0,91	\$1.635,38	
131613	P000196877	CEMENTO P-350	T	0,52	\$105,38	\$54,80	
<b>Total del RV/ UO</b>						<b>\$2.016,58</b>	
<b>Total Etapa o Especialidad</b>						<b>\$4.827,30</b>	

## Anexos

<b>Etapa:</b>	1209	CERRAMENTO					
042424		CON CUALQUIER CALIDAD DE HORMIGON	m3	5,00	\$6,90	\$34,50	
042424	P000191818	PIEDRA HORMIGON	M3	3,70	\$9,94	\$36,78	
042424	P000196877	CEMENTO P-350	T	1,80	\$105,38	\$189,68	
042424	P442104010	ARENA	M3	3,40	\$16,09	\$54,71	
				<b>Total del RV/ UO</b>			\$315,67
301301		DE 10 MM DE DIAMETRO	tm	0,05	\$21,70	\$0,98	
301301	ATBARRA100	BARRA ACERO CORRUGADA 10 MM	T	0,05	\$728,40	\$33,80	
				<b>Total del RV/ UO</b>			\$34,77
301303		DE 12 MM DE DIAMETRO	tm	0,20	\$13,64	\$2,73	
301303	P110120000	ACERO DE 12 MM	T	0,21	\$729,66	\$150,31	
				<b>Total del RV/ UO</b>			\$153,04
305321		HASTA 16 MM EN VIGAS	tm	0,25	\$29,15	\$7,14	
311521		DE CERRAMENTO HASTA 0.30 M Y 4.00 M	m2	100,00	\$4,02	\$402,00	
311521	P000005126	PUNTILLA	T	0,05	\$1.914,32	\$88,06	
311521	P106850000	TABLA DE PINO	M3	1,57	\$547,42	\$859,45	
				<b>Total del RV/ UO</b>			\$1.349,51
				<b>Total Etapa o Especialidad</b>			<b>\$1.860,13</b>
<b>Etapa:</b>	1210	LOSA DE CUBIERTA					
042724		CON HORMIGON DE HASTA 200 KG/CM <sup>2</sup>	m3	12,00	\$5,30	\$63,60	
042724	P000191818	PIEDRA HORMIGON	M3	8,88	\$9,94	\$88,27	
042724	P000196877	CEMENTO P-350	T	4,20	\$105,38	\$442,60	
042724	P442104010	ARENA	M3	8,16	\$16,09	\$131,29	
				<b>Total del RV/ UO</b>			\$725,76
301303		DE 12 MM DE DIAMETRO	tm	0,68	\$13,64	\$9,28	
301303	P110120000	ACERO DE 12 MM	T	0,69	\$729,66	\$504,92	
				<b>Total del RV/ UO</b>			\$514,20
305351		HASTA 16 MM EN LOSAS PLANAS O CURVAS	tm	0,68	\$43,08	\$29,29	
311611		LOSAS PLANAS O RAMPAS	m2	104,80	\$2,28	\$238,94	
311611	P000005126	PUNTILLA	T	0,08	\$1.914,32	\$162,33	
311611	P106850000	TABLA DE PINO	M3	2,88	\$547,42	\$1.576,57	
				<b>Total del RV/ UO</b>			\$1.977,85
				<b>Total Etapa o Especialidad</b>			<b>\$3.247,10</b>
				<b>Total Brigada</b>			<b>\$12.373,65</b>
				<b>Total del Listado de Cantidades</b>			<b>\$12.373,65</b>
				<b>Total general</b>			<b>\$12.373,65</b>

## Anexos

Este programa presenta también de forma resumida la cantidad total de materiales a emplear para toda la obra, y otros elementos que son necesarios a tener en cuenta como los recursos de mano de obra, equipos mostrados seguidamente. A partir de este desglose se obtiene también el costo directo total que es de 12 373,65CUP.

 <b>Programación Cuantitativa</b>						
Nombre de Obra : 04301 CISTERNA EMPRESA DE PRODUCTOS LACTEOS ESCAMBRAY						
Código	Descripción	UM	Cantidad	ecio Unitario	Importe	
<b>Recursos Mano de Obra</b>						
<b>Listado de Cantidades : CONSTRUCCION DE CISTERNA</b>						
0000000211	AYUDANTE DE CONSTRUCCION DEL GRUPO SALARIAL	hh	525,00	\$1,91	\$1.002,74	
0000010083	ALBANIL DEL GRUPO SALARIAL V	hh	390,07	\$2,44	\$951,78	
0000011383	CABILLERO DEL GRUPO SALARIAL V	hh	18,87	\$2,44	\$46,04	
0000011384	CABILLERO DEL GRUPO SALARIAL III	hh	7,37	\$2,12	\$15,63	
0000011513	CARPINTERO ENCOFRADOR DEL GRUPO SALARIAL V	hh	159,20	\$2,44	\$388,45	
<b>Totales del Listado de Cantidades :</b>			<b>1.100,51</b>		<b>2.404,65</b>	
			<b>1.100,51</b>		<b>\$2.404,65</b>	
<b>Recursos Equipos</b>						
<b>Listado de Cantidades : CONSTRUCCION DE CISTERNA</b>						
0022605004(1)	EXCAVADORA UNIVERSAL PALA INVERT S/ESTERAS 0.5	he	0,33	\$21,96	\$7,33	
0032211005(1)	HORMIGONERA ESTACIONARIA ELECTRICA 351-450 L	he	5,60	\$5,98	\$33,52	
0032310002(1)	VIBRADOR HORM SUMERGIBLE ELECTRICO 51-70 MM	he	11,85	\$2,80	\$33,21	
<b>Totales del Listado de Cantidades :</b>			<b>17,78</b>		<b>74,06</b>	
			<b>17,78</b>		<b>\$74,06</b>	
<b>Recursos Suministros bajo especificaciones</b>						
<b>Listado de Cantidades : CONSTRUCCION DE CISTERNA</b>						
3999990000	AGUA POTABLE	m3	4,20	\$0,30	\$1,26	
4411030001	HIDRATO DE CAL DE PRIMERA EN BOLSA DE 18.54 KG	bs	65,82	\$1,98	\$130,32	
AT0CAL0000	HIDRATO DE CAL	KG	1797,12	\$0,91	\$1.635,38	
ATBARRA100	BARRA ACERO CORRUGADA 10 MM	T	0,05	\$728,40	\$33,80	
ATBARRA160	ACERO CORRUGADO D 16 MM	T	1,09	\$767,73	\$838,21	
ATBL200000	BLOQUE DE 0.20 M	U	1,79	\$0,88	\$1,58	
P000005126	PUNTILLA	T	0,13	\$1.914,32	\$250,39	
P000191818	PIEDRA HORMIGON	M3	37,18	\$9,94	\$369,57	
P000196877	CEMENTO P-350	T	24,96	\$105,38	\$2.630,50	
P106850000	TABLA DE PINO	M3	4,45	\$547,42	\$2.436,03	
P110120000	ACERO DE 12 MM	T	0,90	\$729,66	\$655,24	
P148021000	ALAMBRE LISO	U	2,00	\$110,30	\$220,60	
P442104010	ARENA	M3	43,00	\$16,09	\$691,80	
<b>Totales del Listado de Cantidades :</b>					<b>9.894,66</b>	
					<b>\$9.894,66</b>	
<b>Costo Directo Total :</b>					<b>\$12.373,37</b>	

## Anexos

Una vez obtenidos los recursos y costo de la construcción de la cisterna es preciso que se tengan en cuenta los siguientes materiales ya que son necesarios para llevar el agua a las cubas.

**Tabla 2:** Materiales necesarios.

Materiales	Dimensiones y características	Material de construcción	Cantidad	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Bomba centrífuga con motor glf-20	Capacidad 15 m <sup>3</sup> /h, presión 2Kgf/cm <sup>2</sup>	Acero Inox	1	6000	6000
Tuberías	L= 30m, d=4pulg	Acero Inox	152 m	21,00	3192,00
Codos	4pulgadas	Acero Inox	2	10,00	20,00
Te	4pulgadas	Acero Inox	2	10,00	20,00
<b>Total</b>					9232

**Tabla 3:** Mano de obra necesaria.

Integrantes	Cantidad	Días de trabajo	Salario (CUP)	Gasto en salario (CUP)
Mecánico B	1	3	350,00	43,75
Ayudante mecánico	1	3	250,00	31,25
<b>Total</b>				75

$$\text{Inversión} = \text{Costo de construcción} + \text{Costo de otros recursos} = 12\,373,37 + 9307 \\ = 21\,680,37 \text{ CUP}$$

$$\text{Incremento de utilidades} = \text{Incremento de ingresos (I)} + \text{Ahorro de recursos (II)} \\ = 28\,319,19 \text{ CUP}$$

$$\text{(I) Incremento de los ingresos} = 0 \text{ CUP}$$

$$\text{(II) Ahorro de recursos} = \text{Ahorro de recurso agua} + \text{Ahorro de electricidad}$$

$$= 28\,319,19 \text{ CUP/año}$$

$$\text{Ahorro de recurso agua} = (94\,747,29 \text{ m}^3 - 350 \text{ m}^3) \times 0,30 \text{ CUP/m}^3 = 28\,319,19 \text{ CUP}$$

donde:

Costo de producción: es cero este costo ya que para bombear la cantidad de agua que se necesita en el proceso de coagulación de la leche es preciso el mismo tiempo de bombeo que el actual.

Con la inversión puede recircular esta agua que se precisa en la coagulación de la leche ya que esta se mantiene limpia y en condiciones óptimas; así no se vierte esta cantidad de recurso y se utiliza eficientemente. En la **Tabla 4** se muestran los pronósticos para esta inversión.

## Anexos

**Tabla 4:** Pronósticos de gastos e ingresos para la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

Conceptos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos por ahorros de recursos		28319,19	28319,19	28319,19	28319,19	28319,19	28319,19	28319,19	28319,19	28319,19	28319,19	28319,19	28319,19
Depreciación		1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82
<b>Utilidad Marginal</b>		27018,37	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37
Gastos financieros		5287,47	5287,47	5287,47	5287,47	5287,47							
<b>Utilidad bruta</b>		21730,90	21730,90	21730,90	21730,90	21730,90	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37	27018,37
Impuestos sobre la renta (35 %)		7605,81	7605,81	7605,81	7605,81	7605,81	9456,43	9456,43	9456,43	9456,43	9456,43	9456,43	9456,43
<b>Utilidad neta</b>		14125,08	14125,08	14125,08	14125,08	14125,08	17561,94	17561,94	17561,94	17561,94	17561,94	17561,94	17561,94
Depreciación		1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82	1300,82
Flujo de caja	-21680,37	15425,91	15425,91	15425,91	15425,91	15425,91	18862,76	18862,76	18862,76	18862,76	18862,76	18862,76	18862,76
Flujo de caja al descuento	-21680,37	13773,1305	12297,4379	10979,8553	9803,44224	8753,07343	9556,46189	8532,55526	7618,35291	6802,10081	6073,3043	5422,59312	4841,601
<b>VAN</b>		<b>82 773,54 CUP</b>											
<b>TIR</b>		<b>72%</b>											
<b>IR</b>		<b>4,82</b>											
<b>PRI promedio</b>		<b>1,24</b>											
<b>PRI descontado</b>		<b>1,64</b>											

Para los gastos financieros en todos los proyectos se utiliza el método amortización progresiva y la **Tabla 5** muestra los resultados con un plazo para liquidación de la deuda de cinco años. Se emplea en todos los casos una tasa de interés de 7% ya que esto es lo estipulado por el Banco Central de Cuba según la resolución 59 de 1999 para otorgamiento de préstamos a largo plazo como es el caso del proyecto.

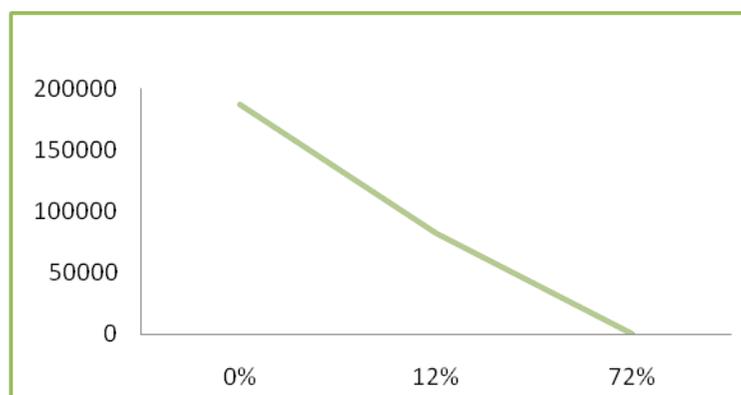
**Tabla 5:** Financiamiento de la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación Intereses	Término liquidación total
1	3769,84	1517,63	5287,47
2	4033,73	1253,74	5287,47
3	4316,09	971,38	5287,47
4	4618,22	669,25	5287,47
5	4941,50	345,97	5287,47

Al realizar la representación de los flujos de caja en el **Gráfico 3** se observa que presentan un comportamiento fijo del primer al año cinco, donde hay un aumento hasta el año seis y se hace constante en el resto del período de análisis.



**Gráfico 1:** Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.



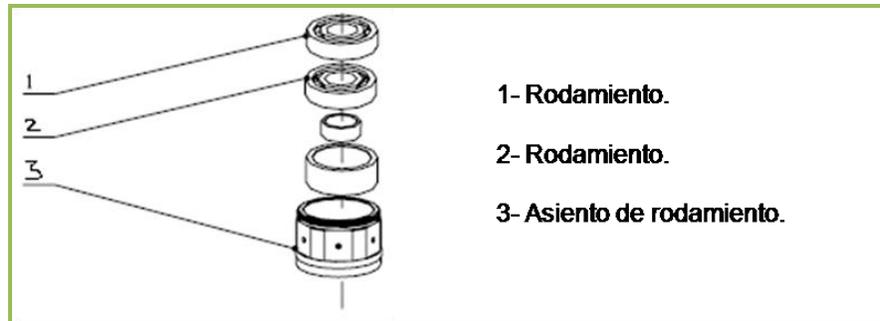
**Gráfico 2:** Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

De los resultados anteriores se demuestra la factibilidad económica de la propuesta, el valor actual neto de la inversión es de 82 773,54CUP con una TIR atractiva de 72%, mientras que el índice de rentabilidad es de 4,82 y la recuperación de la inversión a partir de los flujos caja descontados al costo capital (12%) es de 1 año y 8 meses aproximadamente, lo que ratifica la aceptación de la inversión. Para el cálculo de los indicadores dinámicos se trabaja con el costo capital que prefija el Ministerio de Economía y Planificación según Resolución 91/2006.

🌐 Cálculos del estudio de factibilidad económica de instalar el rodamiento especial (ver **Figura 1**) de la máquina descremadora para que el queso salga con las especificaciones de calidad establecidas con lo referido a la grasa (P31<sub>Q</sub>).

**Tabla 6:** Materiales necesarios.

Materiales	Dimensiones y características	Material de construcción	Cantidad (u)	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Rodamiento especial	Jaula de bronce SKF(FAG) 7211 AC autolineable	Bronce, hierro y acero.	1	7500	7500
<b>Total</b>					7500



**Figura 1:** Rodamiento especial de sistema de eje vertical de la máquina descremadora.

Días de trabajo necesarios: 2 días de trabajo.

**Tabla 7:** Mano de obra necesaria.

Integrantes	Cantidad	Salario (CUP)	Gasto en salario (CUP)
Mecánico B	1	350, 00	29,16
<b>Total</b>			29,16

$$\text{Inversión} = \text{Costo de materiales} + \text{Costo de mano de obra} = 7529,17\text{CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento de utilidades} &= \text{Incremento de los ingresos (I)} + \text{Ahorro de recursos(II)} \\ &= 34\ 534,24\ \text{CUP} \end{aligned}$$

$$(I) \text{ Incremento de los ingresos} = 0\ \text{CUP}$$

$$\begin{aligned} (II) \text{ Ahorro de recursos} &= \text{Ahorro de recurso grasa} = 16845,97\ \text{kg grasa suero} \times 2,05\ \frac{\text{CUP}}{\text{kg}} \\ &= 34\ 534,24\ \text{CUP} \end{aligned}$$

donde:

La cantidad de grasa en suero se calcula:

Cantidad de leche utilizada en los quesos Cumanayagua, Salame, Alborada, Amaya ya que estos son los que pasan por la operación de descremar es 4598,5 t.

Densidad de la leche es 1,029 kg/Lt

Densidad de la crema 0,0992 kg/Lt

% de grasa en crema es 38

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de crema} &= 4468902\ \text{Lt leche} \times 10\% = 446890,2\ \text{Lt de crema} \times 0,0992\ \frac{\text{kg}}{\text{Lt}} \\ &= 44331,50784\ \text{kg crema} \times 38\% = 16845,97\ \text{kg de grasa} \end{aligned}$$

Costo de producción: La máquina descremadora trabaja 947 h/año y el consumo de la misma es de 0,081 MW/h, que al año es 76,7 MW y 19176,75CUP.

## Anexos

Con la inversión además de solucionar que el producto final esté con las especificaciones de grasa dentro de lo normado, se puede utilizar la otra grasa que se va con los residuales (suero) en la elaboración de mantequilla y helado. En la **Tabla 8** se muestran los pronósticos para esta inversión, teniendo en cuenta que los expertos consideran que este rodamiento especial, la vida útil es de cinco años, por lo que se prolonga la vida útil de la máquina descremadora en igualmente cinco años.

**Tabla 8:** Pronósticos de gastos e ingresos para la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

Conceptos	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ahorros de recursos		34534,24	34534,24	34534,24	34534,24	34534,24
Costos de Producción		19176,75	19176,75	19176,75	19176,75	19176,75
Depreciación		451,7502	451,7502	451,7502	451,7502	451,7502
<b>Utilidad Marginal</b>		14905,7398	14905,7398	14905,7398	14905,7398	14905,7398
Gastos Generales		0	0	0	0	0
Gastos financieros		1836,24	1836,24	1836,24	1836,24	1836,24
<b>Utilidad bruta</b>		13069,50	13069,50	13069,50	13069,50	13069,50
Impuestos sobre la renta (35 %)		4574,326651	4574,32493	4574,32493	4574,32493	4574,32493
<b>Utilidad neta</b>		8495,18	8495,17	8495,17	8495,17	8495,17
Depreciación		451,7502	451,7502	451,7502	451,7502	451,7502
Flujo de caja	-7529,17	8946,93	8946,93	8946,93	8946,93	8946,93
Flujo de caja al descontado	-7529,17	7988,328809	7132,43389	6368,24454	5685,93263	5076,725561
<b>VAN</b>		<b>24 722,50 CUP</b>				
<b>TIR</b>		<b>116%</b>				
<b>IR</b>		<b>4,28</b>				
<b>PRI promedio</b>		<b>0,84</b>				
<b>PRI descontado</b>		<b>0,94</b>				

Se muestra los resultados del cálculo para los gastos financieros en la **Tabla 9** con un plazo para liquidación de la deuda de cinco años.

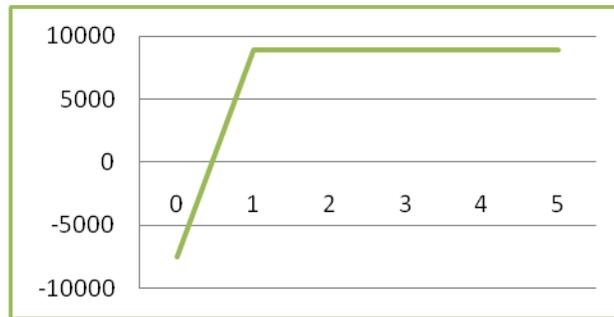
**Tabla 9:** Financiamiento de la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación Intereses	Término liquidación total
1	1309,19	527,04	1836,24

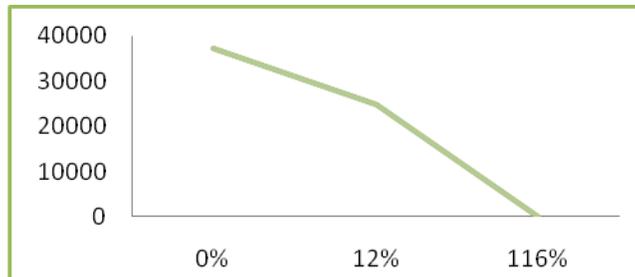
## Anexos

2	1400,84	435,40	1836,24
3	1498,90	337,34	1836,24
4	1603,82	232,42	1836,24
5	1716,09	120,15	1836,24

Al realizar la representación de los flujos de caja se observa que presentan un comportamiento fijo durante todo el período de análisis.



**Gráfico 3:** Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 4:** Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

De los resultados anteriores se demuestra la factibilidad económica de la propuesta el valor actual neto de la inversión es de 24722,50 CUP con una TIR atractiva de 116%, mientras que el índice de rentabilidad es de 4,28 y la recuperación de la inversión a partir de los flujos caja descontados al costo capital (12%) es de 11 meses y 8 días aproximadamente, lo que ratifica la aceptación de la inversión.

## Anexos

- 🌐 Cálculos del estudio de factibilidad económica instalar un tanque de 2m<sup>3</sup> para depositar todo el suero y agua hiladura que se genera en el proceso de producción de queso, pudiendo ser utilizado como alimento animal o en las diferentes opciones propuestas (P12<sub>Q</sub>).

**Tabla 10:** Materiales necesarios.

Materiales	Dimensiones y características	Material de construcción	Cantidad (u)	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Tanque	2m <sup>3</sup>	Acero Inox	1	6500,00	6500,00
Bomba centrífuga	ANSI- STEGE 220/440 V	Acero Inox	1	4000	4000
Tuberías	L= 30m, d=4pulg	Acero Inox	25m	21,00	525,00
Codos	4pulgadas	Acero Inox	3	10,00	30,00
<b>Total</b>					11055

Días de trabajo necesarios: 7 días de trabajo.

**Tabla 11:** Mano de obra necesaria.

Integrantes	Cantidad	Salario (CUP)	Gasto en salario (CUP)
Mecánico B	1	350, 00	102,08
Pailero B	1	260,00	75,83
Soldador B	1	255, 00	74,38
<b>Total</b>			252,29

*Inversión = Costo de materiales + Costo de mano de obra = 11307,29 CUP*

*Incremento de utilidades = Incremento de ingresos (I) + Ahorro de recursos(II)  
= 39519,3 CUP*

*(I) Incremento de los ingresos = 39513 CUP*

*(II) Ahorro de recursos = Ahorro de recurso agua + Ahorro de electricidad = 6,309 CUP*

*Ahorro de recursos agua (agua hiladura) = 21,03m<sup>3</sup> x 0.30CUP/m<sup>3</sup> = 6,309 CUP*

Donde:

El precio del litro de suero y agua hiladura tiene un precio de 0,10 CUP, por lo que si se aprovecha esta cantidad que se vierte (395130 Lt/año de suero y agua hiladura) traería incremento de ingresos en 39513 CUP.

Costo de producción: Para bombear la cantidad de suero y agua hiladura generada se necesita de 30 minutos de bombeo aproximadamente; la bomba centrífuga tiene un consumo de 0,0097 MW/h, para un valor de 1,21 CUP/día; totalizada al año en 349,2 CUP/año.

Gastos Generales: por transportación del agua de suero y agua de enjuague se incurre en gasto total de 690CUP/mes, lo que representa al año 8280CUP/año (combustible del transporte, salario de la persona, alquiler del vehículo).

## Anexos

Con la inversión se puede utilizar esta agua hildadura y suero provenientes de la línea de queso como alimento animal, o en otra de las opciones propuestas en el **Anexo 78** ya que actualmente se vierte en su totalidad al pozo séptico por no existir recipientes para su almacenamiento. En la **Tabla 12** se muestran los pronósticos para esta inversión, teniendo en cuenta que los expertos consideran que este tanque de acero inoxidable tenga una vida útil de un período de tiempo de 20 años aproximadamente.

**Tabla 12:** Pronósticos de gastos e ingresos para la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Excel.

Conceptos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingresos por ventas		39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3	39519,3
Costos de Producción		349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2	349,2
Depreciación		678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374
<b>Utilidad Marginal</b>		38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626	38491,6626
Gastos Generales		8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290	8290
Gastos financieros		2757,65	2757,65	2757,65	2757,65	2757,65															
<b>Utilidad bruta</b>		27454,01	27454,01	27454,01	27454,01	27454,01	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66	30211,66
Impuestos sobre la renta (35 %)		9608,903957	9608,90441	9608,90441	9608,90441	9608,90441	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819	10574,0819
<b>Utilidad neta</b>		17845,11	17845,11	17845,11	17845,11	17845,11	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58	19637,58
Depreciación		678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374	678,4374
Flujo de caja	-11307,29	16529,54	16529,55	16529,55	16529,55	16529,55	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02	20316,02
Flujo de caja al descontado	-11307,29	16338,87731	14766,8571	13184,8869	11772,0481	10360,73723	10282,737	9168,89484	8205,29887	7326,15979	6541,214899	5840,38973	5214,61583	4655,90689	4157,09381	3711,66055	3313,58253	2958,91307	2641,68867	2358,82738	2106,08587
<b>VAN</b>		<b>133 980,60 CUP</b>																			
<b>TIR</b>		<b>164%</b>																			
<b>IR</b>		<b>12,85</b>																			
<b>PRI promedio</b>		<b>0,57</b>																			
<b>PRI descontado</b>		<b>0,68</b>																			

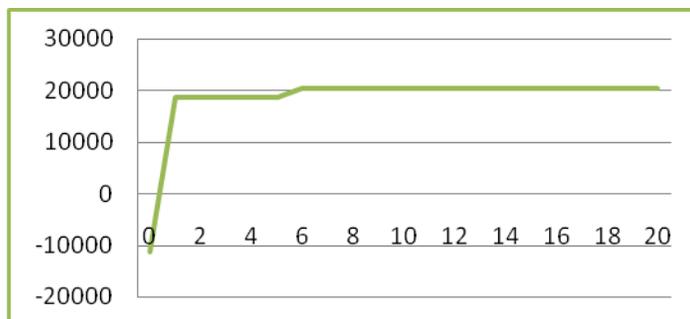
Se muestra los resultados del cálculo para los gastos financieros en la **Tabla 13** con un plazo para liquidación de la deuda de 5 años.

**Tabla 13:** Financiamiento de la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

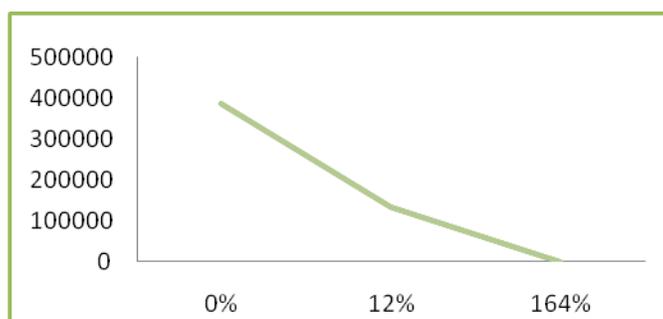
Financiamiento			
Años	Término amortización del Principal	Término de liquidación Intereses	Término liquidación total
1	1966,14	791,51	2757,65
2	2103,77	653,88	2757,65
3	2251,04	506,62	2757,65
4	2408,61	349,04	2757,65
5	2577,21	180,44	2757,65

## Anexos

Al realizar la representación de los flujos de caja en el **Gráfico 5** se observa que presentan un comportamiento fijo del primer al año cinco, donde hay un aumento hasta el año seis y se hace constante en el resto del período de análisis.



**Gráfico 5:** Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 6:** Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia

De los resultados anteriores se demuestra la factibilidad económica de la propuesta el valor actual neto de la inversión es de 133980,60CUP con una TIR atractiva de 164%, mientras que el índice de rentabilidad es de 12,85y la recuperación de la inversión a partir de los flujos caja descontados al costo capital (12%) es de 9 meses aproximadamente, y lo que ratifica la aceptación de la inversión.

- 🌐 Cálculos del estudio de factibilidad económica de la utilización de un tanque de 15 m<sup>3</sup> para la recolección del agua de enjuague de la línea de helado y sea vendido como alimento animal (P6<sub>H</sub>).

**Tabla 14:** Materiales necesarios.

Materiales	Dimensiones y características	Material de construcción	Cantidad (u)	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Tanque	15m <sup>3</sup>	Acero Inox	1	9900,00	9900,00
Bomba centrífuga con motor glf-20	Capacidad 15 m3/h, presión 2Kg/cm2	Acero Inox	1	6000	6000
Tuberías	L= 30m, d=4pulg	Acero Inox	32m	21,00	672,00
Codos	4pulgadas	Acero Inox	2	10,00	20,00

## Anexos

Válvulas de bolas	4pulgadas	Acero Inox	2	10,00	20,00
<b>Total</b>					16612

Días de trabajo necesarios: 9 días de trabajo.

**Tabla 15:** Mano de obra necesaria.

Integrantes	Cantidad	Salario (CUP)	Gasto en salario (CUP)
Mecánico B	1	350, 00	131,25
Pailero B	1	260,00	97,5
Soldador B	1	255, 00	95,63
<b>Total</b>			324,38

*Inversión = Costo de materiales + Costo de mano de obra = 16936,38 CUP*

*Incremento de utilidades = Incremento de ingresos (I) + Ahorro de recursos(II)  
= 120 126 CUP*

*(I) Incremento de los ingresos = 120126 CUP*

*(II) Ahorro de recursos = Ahorro de recursos agua + Ahorro de electricidad = 0*

donde:

El precio del litro de agua con embarre de helado tiene un precio de 0,03CUP para organismos estatales, pero de los 6414,98 m<sup>3</sup>/año que se generan al año solo se puede utilizar para estos fines la primera agua que sale ya que es la que tiene una alta concentración; siendo 4004,21m<sup>3</sup>/año.

Costo de producción: Para bombear la cantidad de agua de enjuague de helado generada se necesita de 1 hora de bombeo aproximadamente, la bomba centrífuga tiene un consumo de 0,0114 MW/h, para un valor de 2,85 CUP/día; totalizada al año en 820CUP/año.

Gastos Generales: estos gastos asociados a la implantación de esta medida se obtienen a partir de datos que se manejan el Departamento de Economía y Planificación. Por transportación del agua de enjuague de las líneas se incurre en gasto total de 820CUP/mes, lo que representa al año 9840 CUP/año (combustible del transporte, salario de la persona, alquiler del vehículo).

Con la inversión se puede utilizar esta agua de enjuague de la línea de helado como alimento animal ya que actualmente se vierte en su totalidad al pozo séptico. En la **Tabla 16** se muestran los pronósticos para esta inversión, teniendo en cuenta que los expertos consideran que con este tanque de acero inoxidable tenga una vida útil de un período de tiempo de 20 años aproximadamente.

**Tabla 16:** Pronósticos de gastos e ingresos para la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

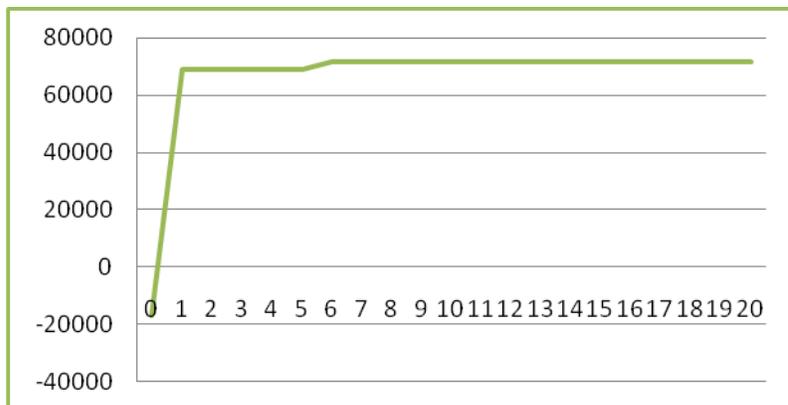
Conceptos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingresos por ventas		120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126	120126
Costos de Producción		820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820
Depreciación		1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828
Utilidad Marginal		118289,8172	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817	118289,817
Gastos Generales		9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840
Gastos financieros		4130,49	4130,49	4130,49	4130,49	4130,49															
Utilidad bruta		104919,33	104919,33	104919,33	104919,33	104919,33	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82	109449,82
Impuestos sobre la renta (35 %)		36511,76388	36511,7645	36511,7645	36511,7645	36511,7645	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496	37957,496
Utilidad neta		67807,56	67807,56	67807,56	67807,56	67807,56	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38	70482,38
Depreciación		1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828	1016,1828
Flujo de caja	-16336,38	68823,74	68823,75	68823,75	68823,75	68823,75	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56	71638,56
Flujo de caja al descuento	-16336,38	61449,77199	54865,8985	48987,9926	43736,7345	38452,4415	33228,4638	28349,8428	23891,1036	20789,716	18023,84379	15557,0034	13354,4673	11367,9172	9502,098	7864,9473	6414,9177	5098,94435	3892,62888	2839,0916	1919,0916
<b>VAN</b>		<b>507 514,64 CUP</b>																			
<b>TIR</b>		<b>406%</b>																			
<b>IR</b>		<b>30,97</b>																			
<b>PRI promedio</b>		<b>0,24</b>																			
<b>PRI descontado</b>		<b>0,276</b>																			

Además, se presentan los resultados del cálculo para los gastos financieros en la **Tabla 17** con un plazo para liquidación de la deuda de cinco años.

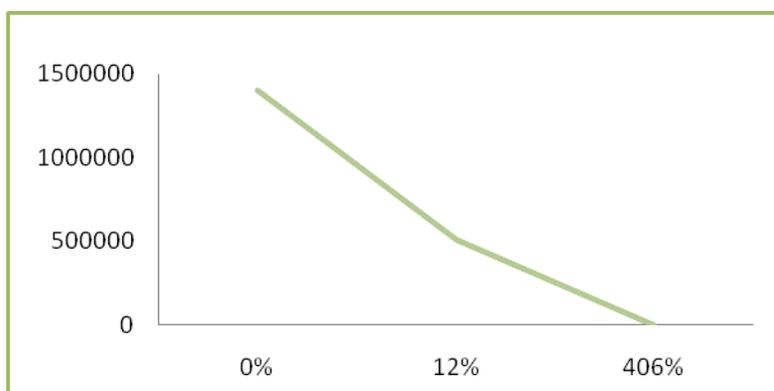
**Tabla 17:** Financiamiento de la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

Financiamiento			
Años	Termino amortización del Principal	Termino de liquidación Intereses	Termino liquidación total
1	2944,95	1185,55	4130,49
2	3151,09	979,40	4130,49
3	3371,67	758,82	4130,49
4	3607,68	522,81	4130,49
5	3860,22	270,27	4130,49

Al realizar la representación de los flujos de caja en el **Gráfico 7** se observa que presentan un comportamiento fijo del primer al año cinco, donde hay un aumento hasta el año seis y se hace constante en el resto del periodo de análisis.



**Gráfico 7:** Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 8:** Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

De los resultados anteriores demuestra la factibilidad económica de la propuesta el valor actual neto de la inversión al cabo de cinco años es de 507514,64 CUP con una TIR atractiva de 406%, mientras que el índice de rentabilidad es 30,97 y la recuperación de la inversión a partir de los flujos caja descontados al costo capital (12%) es de 4 meses aproximadamente, lo que ratifica la aceptación de la inversión.

- 🌐 Cálculos del estudio de factibilidad económica de recuperar la protección térmica de las tuberías de vapor para lograr el aislamiento de las tuberías ( $P27_{HyQ}$ ).

Para acometer este trabajo se necesitan contratar los servicios de una entidad especializada, la cual tiene como tarifa aprobada el precio de 25.22 CUP/m de tubería de  $2\frac{1}{2}$  pulgadas a insular. Se requieren insular 69 m de tuberías de vapor.

$$\text{Inversión} = \text{Costo de materiales} + \text{Costo de mano de obra} = 1740,18 \text{ CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento de utilidades} &= \text{Incremento de los ingresos (I)} + \text{Ahorro de recursos(II)} \\ &= 5771,56 \text{ CUP} \end{aligned}$$

## Anexos

(I) *Incremento de los ingresos = 0 CUP*

(II) *Ahorro de recursos = Ahorro de diesel + Ahorro de fuel oil = 5771,56 CUP*

*Ahorro de diesel = 1,168m<sup>3</sup>/año x 820 CUP/m<sup>3</sup> = 957,76 CUP*

*Ahorro de fuel oil = 6,78m<sup>3</sup>/año x 710 CUP/m<sup>3</sup> = 4813,8 CUP*

Donde:

Pérdidas estimadas por estos conceptos: 1,168m<sup>3</sup>/año de diesel y 6,78m<sup>3</sup>/año de fuel oil.

Costo de producción: cero.

Gastos Generales: cero.

Con la inversión se recupera la protección térmica de las tuberías de vapor en las plantas de helado y queso, disminuyendo el consumo de diesel y fuel oil ya que se logra el aislamiento de las tuberías. En la **Tabla 18** se muestran los pronósticos para esta inversión teniendo en cuenta que los expertos consideran que al aislar térmicamente las tuberías de vapor tenga una vida útil de un período de tiempo de cinco años aproximadamente.

**Tabla 18:** Pronósticos de gastos e ingresos para la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

Conceptos	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ahorro de recursos		5771,56	5771,56	5771,56	5771,56	5771,56
Costos de Producción		0	0	0	0	0
Depreciación		104,4108	104,4108	104,4108	104,4108	104,4108
<b>Utilidad Marginal</b>		5667,1492	5667,1492	5667,1492	5667,1492	5667,1492
Gastos Generales		0	0	0	0	0
Gastos financieros		424,40	424,40	424,40	424,40	424,40
<b>Utilidad bruta</b>		5242,75	5242,75	5242,75	5242,75	5242,75
Impuestos sobre la renta (35 %)		1834,962228	1834,96222	1834,96222	1834,96222	1834,96222
<b>Utilidad neta</b>		3407,79	3407,79	3407,79	3407,79	3407,79
Depreciación		104,4108	104,4108	104,4108	104,4108	104,4108
Flujo de caja	-1740,18	3512,20	3512,20	3512,20	3512,20	3512,20
Flujo de caja al descontado	-1740,18	3135,890889	2799,90257	2499,91301	2232,06518	1992,915343
<b>VAN</b>		<b>10 920,51 CUP</b>				
<b>TIR</b>		<b>201%</b>				
<b>IR</b>		<b>7,28</b>				

## Anexos

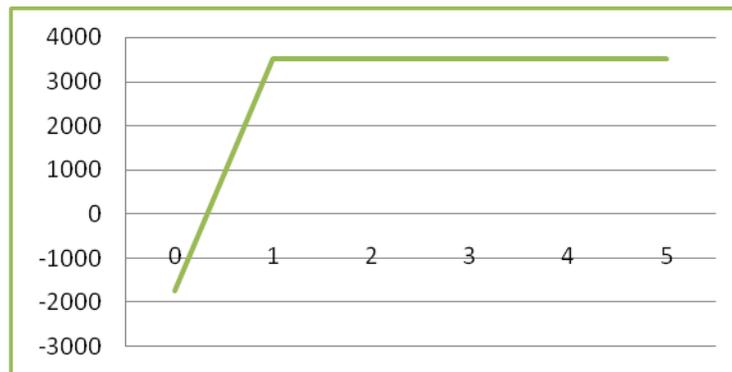
<b>PRI promedio</b>	<b>0,50</b>
<b>PRI descontado</b>	<b>0,55</b>

Se muestra los resultados del cálculo para los gastos financieros en la **Tabla 19** con un plazo para liquidación de la deuda de cinco años.

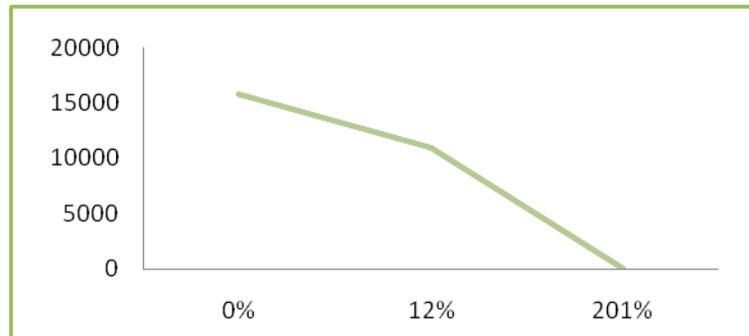
**Tabla 19:** Financiamiento de la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

<b>Financiamiento</b>			
<b>Años</b>	<b>Término amortización del Principal</b>	<b>Término de liquidación Intereses</b>	<b>Término liquidación total</b>
1	302,59	121,81	424,40
2	323,77	100,63	424,40
3	346,43	77,97	424,40
4	370,68	53,72	424,40
5	396,63	27,77	424,40

Al realizar la representación de los flujos de caja en el **Gráfico 7** se observa que presentan un comportamiento fijo durante todo el período de análisis.



**Gráfico 9:** Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 10:** Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

## Anexos

De los resultados anteriores demuestra la factibilidad económica de la propuesta el valor actual neto de la inversión al cabo de cinco años es de 10920,51 CUP con una TIR atractiva de 201%, mientras que el índice de rentabilidad es 7,28 y la recuperación de la inversión a partir de los flujos caja descontados al costo capital (12%) es de siete meses aproximadamente lo que ratifica la aceptación de la inversión.

- 🌐 Cálculos del estudio de factibilidad económica de comprar una bomba para recircular el agua con agentes de limpieza (P9<sub>H</sub>).

**Tabla 20:** Materiales necesarios.

Materiales	Dimensiones y características	Material de construcción	Cantidad (u)	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Bomba centrífuga Alfa Laval FM2A	Potencia: 9KW/h Capacidad: 10000 l/h Presión 2,1 kg/cm <sup>2</sup>	Acero Inox	1	3100	3100
<b>Total</b>					3100

Días de trabajo necesarios: 1 días de trabajo.

**Tabla 21:** Mano de obra necesaria.

Integrantes	Cantidad	Salario (CUP)	Gasto en salario (CUP)
Mecánico B	1	350, 00	14,58
<b>Total</b>			14,58

$$\text{Inversión} = \text{Costo de materiales} + \text{Costo de mano de obra} = 3114,58 \text{ CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento de utilidades} &= \text{Incremento de los ingresos (I)} + \text{Ahorro de recursos(II)} \\ &= 4498,16 \text{ CUP} \end{aligned}$$

$$\text{(I) Incremento de los ingresos} = 0 \text{ CUP}$$

(II)

$$\text{Ahorro de recursos} = \text{Ahorro de recurso agua} + \text{Ahorro de soluciones} = 380,16 + 4118 = 4498,16 \text{ CUP}$$

$$\text{Ahorro de recurso agua} = 1\,267,2\text{m}^3 \times 0,30\text{CUP/m}^3 = 380,16 \text{ CUP}$$

$$\text{Ahorro de hidróxido de sodio} = 6456\text{kg/año} \times 0,45466 \text{ CUP/kg} = 2935 \text{ CUP}$$

$$\text{Ahorro de ácido fosfórico} = 756\text{kg/año} \times 1,5649 \text{ CUP/kg} = 1183 \text{ CUP}$$

donde:

En un mes se consume aproximadamente 538 kg de hidróxido de sodio y 63 kg de ácido fosfórico.

## Anexos

Costo de producción: Para bombear la cantidad de agua y soluciones de limpieza se necesita 8 minutos de bombeo aproximadamente, la bomba centrífuga tiene un consumo de 0,009 MW/h, para un valor de 0.9CUP/día ya que al día se realiza la operación tres veces; totalizada al año en 259,2CUP/año.

Gastos Generales: cero.

Con la inversión puede recircular el agua y soluciones de limpieza utilizado para la esterilización de la línea. En la **Tabla 22** se muestran los pronósticos para esta inversión teniendo en cuenta que los expertos consideran que esta bomba tenga una vida útil de un período de tiempo de cinco años aproximadamente.

**Tabla 22:** Pronósticos de gastos e ingresos para la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

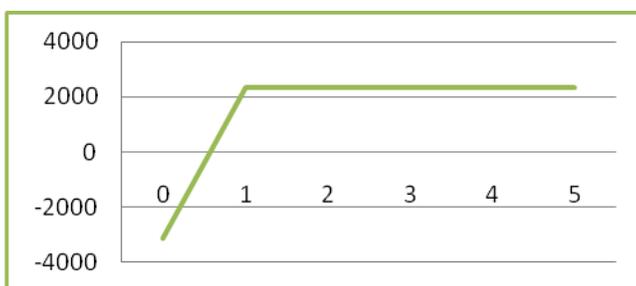
Conceptos	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ahorro de recursos		4498,16	4498,16	4498,16	4498,16	4498,16
Costos de Producción		259,2	259,2	259,2	259,2	259,2
Depreciación		186,8748	186,8748	186,8748	186,8748	186,8748
<b>Utilidad Marginal</b>		4052,0852	4052,0852	4052,0852	4052,0852	4052,0852
Gastos Generales		0	0	0	0	0
Gastos financieros		759,59	759,59	759,59	759,59	759,59
<b>Utilidad bruta</b>		3292,49	3292,50	3292,50	3292,50	3292,50
Impuestos sobre la renta (35 %)		1152,372445	1152,37332	1152,37332	1152,37332	1152,37332
<b>Utilidad neta</b>		2140,12	2140,12	2140,12	2140,12	2140,12
Depreciación		186,8748	186,8748	186,8748	186,8748	186,8748
Flujo de caja	-3114,58	2327,00	2327,00	2327,00	2327,00	2327,00
Flujo de caja al descontado	-3114,58	2077,674156	1855,06751	1656,31027	1478,84846	1320,400409
<b>VAN</b>		<b>5 273,72 CUP</b>				
<b>TIR</b>		<b>69%</b>				
<b>IR</b>		<b>2,69</b>				
<b>PRI promedio</b>		<b>1,34</b>				
<b>PRI descontado</b>		<b>1,49</b>				

Se muestra los resultados del cálculo para los gastos financieros en la **Tabla 23** con un plazo para liquidación de la deuda de cinco años.

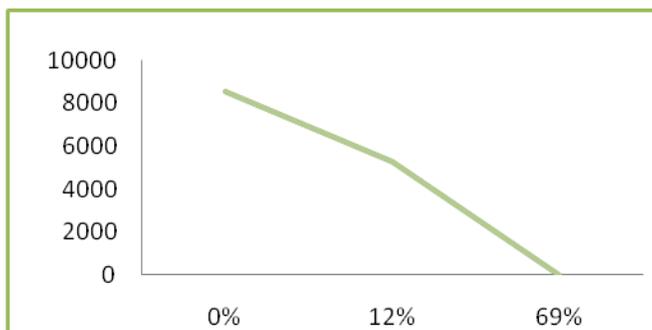
**Tabla 23:** Financiamiento de la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

Financiamiento			
Años	Término amortización del Principal	Término de liquidación Intereses	Término liquidación total
1	541,57	218,02	759,59
2	579,48	180,11	759,59
3	620,05	139,55	759,59
4	663,45	96,14	759,59
5	709,89	49,70	759,59

Al realizar la representación de los flujos de caja en el **Gráfico 11** se observa que presentan un comportamiento fijo durante todo el período de análisis.



**Gráfico 11:** Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 12:** Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

De los resultados anteriores demuestra la factibilidad económica de la propuesta, el valor actual neto de la inversión al cabo de cinco años es de 5273,72CUP con una TIR atractiva de 69%, mientras que el índice de rentabilidad es 2,69 y la recuperación de la inversión a partir de los flujos caja descontados al costo capital (12%) es de un año y seis meses aproximadamente, lo que ratifica la aceptación de la inversión.

-  Cálculos del estudio de factibilidad económica de colocar 7 válvulas de accionamiento automático o gatillos de apertura y cierre rápido en las mangueras utilizadas para la limpieza (ver **Figura 2**), para evitar pérdidas de agua por derrame innecesario producto a las malas prácticas ya que la llave de cerrar las mismas están a una distancia considerable ( $P_{5_{HyQ}}$ ).



**Figura 2:** Válvulas de accionamiento automático o gatillos de apertura y cierre rápido.

**Tabla 24:** Materiales necesarios.

Materiales	Dimensiones y características	Material de construcción	Cantidad (u)	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Pistolas de cierre rápido	0,45 m	Acero, plástico y aluminio	7	26,05	182,35
<b>Total</b>					182,35

$$\text{Inversión} = \text{Costo de materiales} + \text{Costo de mano de obra} = 182,35\text{CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento de utilidades} &= \text{Incremento de los ingresos (I)} + \text{Ahorro de recursos(II)} \\ &= 1803,5 \text{ CUP} \end{aligned}$$

$$\text{(I) Incremento de los ingresos} = 0 \text{ CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{(II) Ahorro de recursos} &= \text{Ahorro de recurso agua} + \text{Ahorro de electricidad} \\ &= 1803,5 \text{ CUP/año} \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro de recurso agua} = 6011,71\text{m}^3 \times 0.30\text{CUP}/\text{m}^3 = 1803,5 \text{ CUP}$$

donde:

Costo de producción: 0

Gastos Generales: 0

Con la inversión se puede ahorrar esta agua que producto a las malas prácticas de la empresa es vertida innecesariamente y así se consume menos de este preciado recurso y se dispone en el mismo sentido (menos) al cuerpo receptor. En la **Tabla 25** se muestran los

## Anexos

pronósticos para esta inversión teniendo en cuenta que los expertos consideran que esta bomba tenga una vida útil de un período de tiempo de cinco años aproximadamente.

**Tabla 25:** Pronósticos de gastos e ingresos para la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

Conceptos	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ahorro de recursos		1803,5	1803,5	1803,5	1803,5	1803,5
Costos de Producción		0	0	0	0	0
Depreciación		10,941	7,971	7,971	7,971	7,971
<b>Utilidad Marginal</b>		1792,559	1795,529	1795,529	1795,529	1795,529
Gastos Generales		0	0	0	0	0
Gastos financieros		44,47	32,40	32,40	32,40	32,40
<b>Utilidad bruta</b>		1748,09	1763,13	1763,13	1763,13	1763,13
Impuestos sobre la renta (35 %)		611,8304398	617,09515	617,09515	617,09515	617,09515
<b>Utilidad neta</b>		1136,26	1146,03	1146,03	1146,03	1146,03
Depreciación		10,941	7,971	7,971	7,971	7,971
Flujo de caja	-182,35	1147,20	1154,00	1154,00	1154,00	1154,00
Flujo de caja al descontado	-182,35	1024,28351	919,965601	821,397858	733,390945	654,8133435
<b>VAN</b>		<b>3 971,50 CUP</b>				
<b>TIR</b>		<b>630%</b>				
<b>IR</b>		<b>22,78</b>				
<b>PRI promedio</b>		<b>0,16</b>				
<b>PRI descontado</b>		<b>0,13</b>				

Se muestra los resultados del cálculo para los gastos financieros en la **Tabla 26** con un plazo para liquidación de la deuda de cinco años.

**Tabla 26:** Financiamiento de la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

Financiamiento			
Años	Término amortización del Principal	Término de liquidación Intereses	Término liquidación total
1	31,71	12,76	44,47
2	33,93	10,54	44,47
3	36,30	8,17	44,47

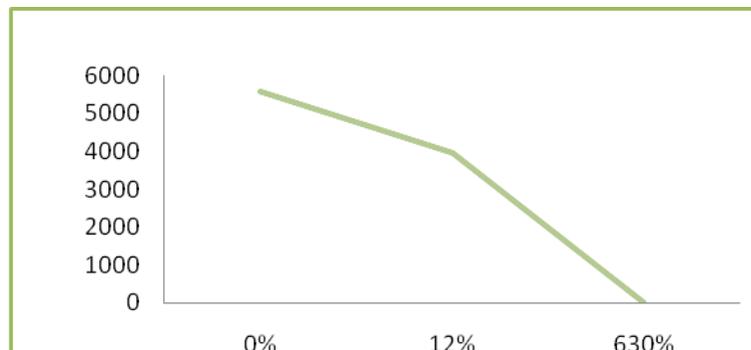
## Anexos

4	38,84	5,63	44,47
5	41,56	2,91	44,47

Al realizar la representación de los flujos de caja en el **Gráfico 13** se observa que presentan un comportamiento fijo durante todo el período de análisis.



**Gráfico 13:** Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 14:** Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

De los resultados anteriores demuestra la factibilidad económica de la propuesta, el valor actual neto de la inversión al cabo de cinco años es de **3971,50CUP** con una TIR atractiva de 630%, mientras que el índice de rentabilidad es 22,78y la recuperación de la inversión a partir de los flujos caja descontados al costo capital (12%) es de dos meses aproximadamente, lo que ratifica la aceptación de la inversión.

## Anexos

- 🌐 Cálculos del estudio de factibilidad económica de cambiar una válvula para que se reemplace por la del Almacén y evitar pérdidas de agua por derrame innecesario producto a que la misma está rota; disminuyendo así el consumo de agua (P7<sub>H</sub>).

**Tabla 27:** Materiales necesarios.

Materiales	Dimensiones y características	Material de construcción	Cantidad (u)	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Válvula de cierre rápido	M-2463, 3/4 pulg	Acero, hierro, plástico	1	5,04	5,04
<b>Total</b>					5,04

Días de trabajo necesarios: 1 día de trabajo.

**Tabla 28:** Mano de obra necesaria.

Integrantes	Cantidad	Salario (CUP)	Gasto en salario (CUP)
Ayudante mecánico	1	250, 00	10,42
<b>Total</b>			10,42

*Inversión = Costo de materiales + Costo de mano de obra = 15,46 CUP*

*Incremento de utilidades = Incremento de los ingresos (I) + Ahorro de recursos (II)  
= 87,6 CUP*

(I) *Incremento de los ingresos = 0 CUP*

(II) *Ahorro de recursos = Ahorro de recurso agua + Ahorro de electricidad = 87,6 CUP/año*

*Ahorro de recurso agua = 292 m<sup>3</sup> x 0.30 CUP/m<sup>3</sup> = 87,6 CUP*

Con la inversión (sustitución de la válvula) se puede ahorrar esta agua que producto a las malas prácticas de la empresa es vertida innecesariamente y así se consume menos de este preciado recurso y se dispone en el mismo sentido (menos) al cuerpo receptor. En la **Tabla 29** se muestran los pronósticos para esta inversión teniendo en cuenta que los expertos consideran que esta válvula tenga una vida útil de un período de tiempo de cinco años aproximadamente.

**Tabla 29:** Pronósticos de gastos e ingresos para la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

Conceptos	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ahorro de recursos		87,6	87,6	87,6	87,6	87,6
Costos de Producción		0	0	0	0	0
Depreciación		0,9276	0,9276	0,9276	0,9276	0,9276

## Anexos

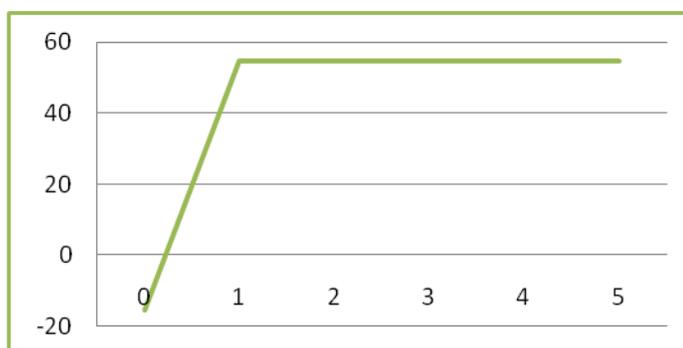
<b>Utilidad Marginal</b>		86,6724	86,6724	86,6724	86,6724	86,6724
Gastos Generales		0	0	0	0	0
Gastos financieros		3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
<b>Utilidad bruta</b>		82,90	82,90	82,90	82,90	82,90
Impuestos sobre la renta (35 %)		29,01569015	29,01584	29,01584	29,01584	29,01584
<b>Utilidad neta</b>		53,89	53,89	53,89	53,89	53,89
Depreciación		0,9276	0,9276	0,9276	0,9276	0,9276
Flujo de caja	-15,46	54,81	54,81	54,81	54,81	54,81
Flujo de caja al descontado	-15,46	48,94096581	43,6975128	39,0156364	34,8353896	31,10302646
<b>VAN</b>		<b>182,13 CUP</b>				
<b>TIR</b>		<b>354%</b>				
<b>IR</b>		<b>12,78</b>				
<b>PRI promedio</b>		<b>0,28</b>				
<b>PRI descontado</b>		<b>0,32</b>				

Se muestra los resultados del cálculo para los gastos financieros en la **Tabla 30** con un plazo para liquidación de la deuda de cinco años.

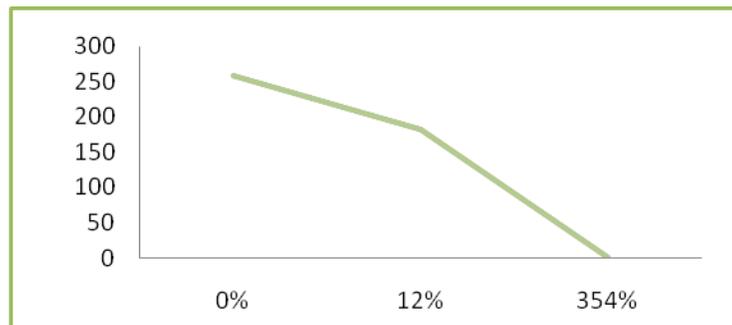
**Tabla 30:** Financiamiento de la inversión. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel.

<b>Financiamiento</b>			
Años	Término amortización del Principal	Término de liquidación Intereses	Término liquidación total
1	2,69	1,08	3,77
2	2,88	0,89	3,77
3	3,08	0,69	3,77
4	3,29	0,48	3,77
5	3,52	0,25	3,77

Al realizar la representación de los flujos de caja en el **Gráfico 15** se observa que presentan un comportamiento fijo durante todo el período de análisis.



**Gráfico 15:** Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 16:** Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

De los resultados anteriores demuestra la factibilidad económica de la propuesta, el valor actual neto de la inversión al cabo de cinco años es de 182,13CUP con un TIR atractivo de 354%, mientras que el índice de rentabilidad es 12,78 y la recuperación de la inversión a partir de los flujos caja descontados al costo capital (12%) es de cuatro meses aproximadamente, lo que ratifica la aceptación de la inversión.

**Anexo 77:** Sugerencias para implantar y dar continuidad a las medidas propuestas con éxito.

**Fuente:** Elaboración propia.

En base al plan de acción, la dirección de la empresa en conjunto con los expertos partícipes durante la investigación deben desarrollar las actividades prioritarias que se muestran seguidamente. Se prefiere que sean las personas que han estado al tanto del estudio ya que estos tienen toda la información que se pudiera necesitar.

- 🌍 Designar o contratar personal responsable de preparar un plan detallado para implementar las medidas de Ecología Industrial recomendadas.
- 🌍 Ejecutar el programa de implementación de las medidas de Ecología Industrial, incluyendo pruebas preliminares. Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas deben registrarse y evaluarse y, en base a ello, modificar y optimizar las operaciones unitarias vinculadas.
- 🌍 Capacitar personal operativo.
- 🌍 Poner en marcha la opción de Ecología Industrial implementada.

Para comprobar, después de cierto tiempo preestablecido en el plan de acción, los beneficios que proporciona cada una de las medidas de Ecología Industrial implementadas, las actividades que se debe realizar para el efecto, son:

- 🌍 Usar indicadores útiles y sencillos para evaluar los resultados de la implementación de las acciones de mejora propuestas. Algunos ejemplos de indicadores útiles y sencillos que se pueden emplear son:
  - Porcentaje de reducción del consumo de materias primas, agua y energía, entre otros insumos, respecto a consumos históricos de la planta con el objetivo de hacer una comparación de un antes y un después; y también, pueden expresarse en términos de la cantidad de materia y energía reducidas por unidad de producto.
  - Porcentajes de reducción en la generación de residuos respecto a las cantidades de desecho históricos; y también pueden expresarse en términos de la cantidad de desechos que fue reducida por año o por unidad de producto.
- 🌍 Identificar y evaluar el posible efecto de las medidas de Ecología Industrial implementadas sobre las operaciones unitarias vinculadas, a través de consultas con los trabajadores, encargados de producción, calidad y ventas.
- 🌍 Elevar informes periódicos a la gerencia y, de ésta, a los empleados.

## Anexos

---

El personal encargado de implementar las acciones debe usar los éxitos logrados en la evaluación final de las medidas, para motivar y respaldar ante la gerencia de la empresa la continuidad de aplicar Ecología Industrial en la empresa.

Asimismo, para dar continuidad a estas acciones de Ecología Industrial, se debe identificar problemas asociados a la implementación de las medidas recomendadas, que no han sido resueltos, o mejoras que pueden ser introducidas en otras áreas de la planta. En este sentido, las actividades que pueden ser encaradas como parte de una siguiente fase del programa de Ecología Industrial, incluyen:

-  Operaciones unitarias que no fueron evaluadas en detalle.
-  Las medidas de Ecología Industrial implementadas que no dieron los resultados esperados.
-  Otras actividades de planificación y desarrollo técnico de la empresa (mantenimiento, adquisiciones, estudios de nuevos productos, y otros), que no formaron parte del diagnóstico de Ecología Industrial.

**Anexo 78:** Sugerencias para el monitoreo. **Fuente:** Elaboración propia.

El monitoreo es importante para determinar el rendimiento de las acciones de mejora propuestas en los procesos y empresa general, siendo esta actividad clave para efectuar un buen control y posteriormente evaluar el desempeño de la empresa considerando la aplicación de las propuestas.

Para medir es preciso contar con infraestructura e instrumentos de apoyo para controlar la evolución de las reacciones en cada operación, la calidad de materias primas, productos y subproductos, lo que significa, a veces, la necesidad de contar con un laboratorio de control para medir los principales parámetros del proceso (temperatura, pH, viscosidad, densidad).

Para realizar un monitoreo exitoso, es necesario tener en cuenta que este proceso requiere el aseguramiento de muchos factores como:

- 🌐 Personal bien entrenado. Esto es muy importante sobretodo si se trata de manejar equipos de medición complejos o de interpretar resultados complicados. Las mediciones no deben ser hechas, necesariamente, por la empresa, se puede contratar servicios de terceros.
- 🌐 Herramientas adecuadas y bien mantenidas. La calibración de los equipos y un mantenimiento preventivo ayudan a evitar errores en la medición.
- 🌐 Condiciones apropiadas (ambientales, de infraestructura, tiempo). La toma de las muestras y las mediciones deben aplicarse siguiendo normas o estándares (nacionales o internacionales) de modo que sean reproducibles y se minimicen los errores.
- 🌐 Representatividad de la muestra. La confiabilidad de un resultado depende de la importancia que tenga la muestra en el universo o conjunto de donde se la extrae. Las variaciones que pueden presentarse en las muestras, como sus concentraciones, o las condiciones en las que se las toma, deben ser compensadas tomando, por ejemplo, muestras compuestas.
- 🌐 Hojas de registro. Durante el proceso de medición, los datos deben registrarse en forma clara, identificando fecha, hora de muestreo, hora de medición, responsable, características de la muestra, condiciones de operación productiva al momento de la medición o toma de muestra y otros datos de interés.
- 🌐 Cadena de custodia de las muestras. Es un conjunto de hojas de registros que aseguran el rastreo de la muestra y por tanto que la muestra ha sido tomada, manipulada, transportada, preservada, analizada, almacenada, etc., en condiciones

## Anexos

exigidas por las normas. Esto evitará cualquier modificación en la muestra y los resultados de los análisis serán confiables. La cadena de custodia es de especial importancia para las muestras que van a ser analizadas en laboratorios externos a la planta.

Es elemental contar con un registro donde queden plasmados los insumos, productos químicos, agua, aire, energía que ingresan al proceso u operación unitaria ya que estos deben ser cuantificados a la hora de hacer un monitoreo. Esto resulta útil, pues las compras, existencia, consumo y su correspondiente uso deben estar registrados y actualizados; para lo cual resulta beneficioso el empleo de alguno de los modelos para el registro de consumo como los que de ilustran en los **Cuadros del 1 al 10**, según resulte conveniente.

Operación Unitaria	Materia Prima 1 [kg o t/periodo]	Materia Prima 2 [kg o t/periodo]	....	Material reciclado [kg o t/periodo]	Agua [m <sup>3</sup> /periodo]	Energía eléctrica [kWh/periodo]	Combustibles [m <sup>3</sup> N* de gas o litros de diesel etc./periodo]
Operación Unitaria 1							
Operación Unitaria 2							
.....							
Pérdidas en almacén y otras no identificadas							
Total:							

**Cuadro 1:** Cantidad de insumos de entrada por un periodo determinado (hora, día, semana, mes, año). **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

\*m<sup>3</sup>N: metros cúbicos bajo condiciones normales

N° de medidor:			
Fecha	Consumo desde la última lectura	Observaciones	Firma
1 enero			
2 enero			
...			
...			
Mes: Enero		Producción mes:	

**Cuadro 2:** Registro del consumo de agua por medidor. **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

## Anexos

Proceso u operación unitaria	Tiempo de llenado del balde (t) [minutos]	Volumen del balde (V) [litros]	Caudal $C = V/t$ [litros/minuto]	Duración del uso por día o por lote de producción (D) [minutos]	Consumo total por día o por lote = $C \times D$ [litros]	Observaciones
<b>Operación Unitaria 1</b>						
Manguera 1						
Tanque 1	*					
Máquina A	**					
.....						
Total OU 1						
<b>Operación Unitaria 2</b>						

**Cuadro 3:** Medición del caudal y consumo de agua en cada proceso u operación unitaria.

**Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

\* El dato se refiere a la medición del tiempo de llenado del tanque 1

\*\*El dato se refiere a la medición del tiempo de llenado de la maquina A

Proceso u operación unitaria (OU)	Insumo usado en el proceso u operación [m <sup>3</sup> /día] o [m <sup>3</sup> /año]	Limpieza [m <sup>3</sup> /día] o [m <sup>3</sup> /año]	Vapor [m <sup>3</sup> /día] o [m <sup>3</sup> /año]	Uso doméstico (baños etc.) [m <sup>3</sup> /día] o [m <sup>3</sup> /año]	Otros [m <sup>3</sup> /día] o [m <sup>3</sup> /año]	Consumo total por operación o por sección de la planta [m <sup>3</sup> ]
OU 1						
OU 2						
.....						
Consumo total						

**Cuadro 4:** Resumen del consumo de agua en cada operación unitaria, desglosado por tipo de uso. **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

Operación Unitaria (OU)	Producto [cantidad]	Subproducto [cantidad]	Residuos a reciclaje interno [cantidad]	Residuos Almacenados [cantidades]	Residuos fuera de planta [cantidad]	Aguas residuales [cantidad]	Efluentes gaseosos [cantidad]	Total OU
OU 1								
OU 2								
.....								
Total del proceso								

**Cuadro 5:** Salidas de las operaciones unitarias\*. **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

\* Las cantidades se pueden expresar en kg o toneladas por año o por unidad de producto.

## Anexos

Origen de las aguas residuales	Descarga [m <sup>3</sup> /día] o [L/h]	Concentración parámetro 1 [mg/L]	Carga 1 [mg/h] = Concentración x Descarga	Concentración parámetro 2 [mg/L]	Carga 2 [mg/h] = Concentración x Descarga	Destino: Alcantarillado, reciclaje u otro
OU 1						
OU 2						
.....						
Total		-----		-----		

**Cuadro 6 a:** Aguas residuales – Caudales, concentraciones y cargas para cada operación unitaria (OU). **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

Origen de las aguas residuales	Producción por unidad de tiempo [producción/h]	Cantidad de..... por unidad de producción [mg/ unidad de producción]	Cantidad de..... por unidad de producción [mg/ unidad de producción]	Cantidad de..... por unidad de producción [mg/ unidad de producción]	Destino: Alcantarillado, reciclaje u otro
OU 1					
OU 2					
.....					
Total (descarga específica)					

**Cuadro 6 b:** Aguas residuales – Cantidades por unidad de producción para cada operación unitaria (OU). **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

NOTA: Las unidades de la descarga específica son [mg/unidad producción], y se obtiene de las siguientes operaciones: (descarga (L/h) x concentración (mg/L))/ producción por tiempo (producción/h) = cantidad del elemento descargado / unidad de producción.

Fecha	Cantidad [en turriles, m <sup>3</sup> o toneladas]	Tipo de residuo	Origen del residuo	Destino	Observaciones	Firma
1 de Enero	14 m <sup>3</sup>	virutas	Del rebajado	Relleno		
2 de enero						
.....						
Mes: Enero					Producción en este mes:	

**Cuadro 7:** Registro de datos para residuos sólidos. **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

Origen	Descripción	Cantidad [t/año; m <sup>3</sup> /año o t/producto]	Servicio / Destino	Costos / Ingresos [US\$/año o US\$/producto]
Operación 1, recepción	Sal, sólido		Relleno sanitario	
Operación 2, remojo	Lodo			
..				
Sección almacenes	Pérdidas			
....				
Total				

**Cuadro 8:** Resumen de la generación de residuos de diferentes operaciones y su disposición. **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

## Anexos

Operación Unitaria	Energía útil ( $E_u$ ) [cantidad / UP]	Energía residual ( $E_r$ ) [cantidad / UP]	Pérdidas de energía por ineficiencias ( $E_i$ ) [cantidad / UP]
OU 1			
OU 2			
....			
Total			

**Cuadro 9:** Registro de las energías de salida por unidad de producción (UP)\*. **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

(\*) Las cantidades también se pueden expresar en kcal por mes ó kcal por año.

Fecha	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	Equipo 1			Equipo 2			Compresores		
	Consumo [kWh]	Cantidad procesada [t]	Consumo específico [kWh/t]	Consumo [kWh]	Cantidad procesada [t]	Consumo específico [kWh/t]	Consumo [kWh]	Cantidad procesada [t]	Consumo específico [kWh/t]
01-Jun									
02-Jun									
03-Jun									
...									
30-Jun									
Total									
Lectura anterior									
Fecha	Medidor 4			Medidor 5			Medidor Principal		
	Operación X			Bombeo de agua			Consumos en Planta		
	Consumo [kWh]	Cantidad procesada [t]	Consumo específico [kWh/t]	Consumo [kWh]	Volumen consumido [m <sup>3</sup> ]	Consumo específico [kWh/m <sup>3</sup> ]	Consumo [kWh]	Cantidad procesada total[t]	Consumo específico [kWh/t]
01-Jun									
02-Jun									
03-Jun									
...									
30-Jun									
Total									
Lectura Anterior									

**Cuadro 10:** Protocolo para el registro del consumo de energía eléctrica por tipo de equipo u operación. **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

