

Tesis en opción al título académico de Máster en Producción Más Limpia

Título: “Propuesta de un procedimiento para la
Gestión de la Ecología Industrial. Caso de estudio:
Empresas de la Industria Alimenticia, Cienfuegos”

Autora: Ing. Maidelis Curbelo Martínez

Tutor: Dr. Eduardo López Bastida

Cienfuegos, 2013





Pensamiento

***“El mundo es un lugar peligroso, no por causa de los
que hacen el mal, sino por aquellos que no hacen
nada por evitarlo”***

Albert Einstein





Dedicatória



A toda mi **FAMILIA**, por su comprensión y ayuda en cada uno de los momentos de mi vida, por enseñarme a ser perseverante en mis proyectos, y por brindarme su inmenso amor sin pedir nada a cambio.

A los que ya no están, pero siempre tendrán espacio en mi corazón.

Agradecimientos





Durante el desarrollo de esta investigación muchas personas me han ofrecido su apoyo incondicional y transmitido sus experiencias. A todos gracias, en especial a:

A **Dr. Eduardo López Bastida**, por su capacidad para guiar mis ideas, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigadora.

A **MSc. Damayse Pérez Fernández, MSc. Jenny Correa Soto, MSc. Berlan Pérez Rodríguez y MSc. Milagros Mata**, por compartir parte de sus conocimientos con presteza, su ayuda ha enriquecido sin dudas el trabajo realizado.

Al personal de la **Empresa de Productos Lácteos Escambray y UEB Glucosa Cienfuegos**, por proporcionarme toda su ayuda para alcanzar los objetivos perseguidos y permitirme vivir una experiencia tan importante para mi formación.

A **Ing. Lien Turiño Duarte y Ing. Ana Pita Ramírez** que realizaron sus Tesis de Grado conmigo, su trabajo ha sido importante para cumplir estos objetivos.

A **Ing. Perdomo** y a la **MSc. Suanly Suárez Sabina**, por su oportuna gestión y colaboración.

A los profesores que me han impartido clases en estos dos años de estudios y a mis compañeros de trabajo, ustedes de una manera u otra han aportado su granito de arena a mi formación, sin su ayuda, conocimientos y enseñanzas, no estaría en este momento cumpliendo mi meta de ser máster.

A mis amigos pasados y presentes; pasados por ayudarme a crecer y madurar como persona, y presentes por estar siempre conmigo.

A mi familia GRACIAS, definitivamente no hubiese podido hacer realidad este sueño sin ustedes. Gracias por el cariño y confianza que me brindan en cada momento, pero sobre todo por estar, cada uno a su manera, respaldándome para alcanzar mis objetivos.

A Dios, por ponerme en el camino en esta etapa de mi vida a tantas personas especiales que lo han hecho único.

... para ustedes es todo mi agradecimiento...



Resumen



RESUMEN

La presente investigación está encaminada a diseñar un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial. Para dar cumplimiento a este objetivo se concibe uno constituido por la secuencia lógica de tres etapas y catorce pasos, estos requieren de herramientas de apoyo como son: la tormenta de ideas, la observación directa, entrevistas, recopilación de información, trabajo con expertos, diagrama Ishikawa, Análisis de Modos y Efectos de Fallos (FMEA), listas de chequeo y formularios; además de herramientas de la Gestión Ambiental como: balances de masa y energía e indicadores de desarrollo sostenible (Huella Ecológica Corporativa e Hídrica). A su vez, se utilizan técnicas estadísticas como el análisis de regresión, análisis de capacidad de procesos y las cartas de control, y análisis para evaluaciones de factibilidad económica. Se emplean, para el procesamiento de la información, el paquete de programas estadísticos IBM SPSS Statistics versión 19.0, el Statgraphics Centurion XV.II y el Software para el Cálculo de la Huella Ecológica.

El procedimiento que se propone es implementado en la Empresa de Productos Lácteos Escambray y en la UEB Glucosa Cienfuegos, tomando datos del 2012 como año base del estudio. Los resultados alcanzados, desde el diagnóstico a la proyección de mejoras permiten conducir a estas organizaciones a un mejor aprovechamiento de las materias primas, energía, agua y residuos, y a cerrar el ciclo de la organización.

Palabras claves: procedimiento, gestión de la ecología industrial, gestión ambiental.



Summary



SUMMARY

This research aims to design a procedure for the Management of Industrial Ecology. To fulfill this objective, one sees the logical sequence consisting of three stages and fourteen steps, they require support tools such as: brainstorming, direct observation, interviews, information gathering, working with experts, diagram Ishikawa, Analysis of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), checklists and forms, as well as environmental management tools such as mass and energy balances and indicators of sustainable development (Corporate Ecological Footprint and Water). In turn, using statistical techniques such as regression analysis, process capability analysis and control charts, and analysis for economic feasibility assessments. They are used for information processing, statistical software package SPSS Statistics version 19.0, the Statgraphics Centurion XV.II and Software for the Calculation of the Ecological Footprint.

The proposed procedure is implemented in the Escambray Dairy Company and the UEB Glucose Cienfuegos, using data from the 2012 base year of the study. The results achieved from diagnosis to screening lead to improvements allow these organizations to better utilization of raw materials, energy, water and waste, and close the cycle of the organization.

Keywords: procedure, industrial ecology management, environmental management.



Índice



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL 15

1.1 Ecología Industrial, evolución histórica y conceptualización.....	16
1.2 Principales enfoques teóricos de la Ecología Industrial.....	20
1.3 Distinciones de la Ecología Industrial.....	27
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.....	33
1.6 Residuos en la Industria Alimenticia.....	40
1.6.1 Residuos en la Industria Láctea.....	42
1.6.2 Residuos agroindustriales derivados del maíz.....	43
1.7 Conclusiones parciales del capítulo I.....	45

CAPÍTULO II: PROPUESTA DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL..... 47

2.1 Principios del procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial.....	47
2.2 Descripción del procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial.....	48
2.3 Valoración de la pertinencia de la implementación del procedimiento diseñado a través del Criterio de Expertos.....	68
2.4 Conclusiones parciales del capítulo II.....	70

CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL EN EMPRESAS SELECCIONADAS DE CIENFUEGOS 71

3.1 Implementación de la Etapa I del procedimiento propuesto: Prueba de la Necesidad.....	71
3.2. Implementación de la Etapa II del procedimiento propuesto: Estudio de procesos de producción con enfoque de Ecología Industrial.....	76



3.2.1 Etapa II en la Empresa de Productos Lácteos Escambray	76
3.2.2 Etapa II en la UEB Glucosa Cienfuegos	91
3.3 Implementación de la Etapa III del procedimiento propuesto: Acciones para la mejora de la Ecología Industrial.....	105
3.4 Conclusiones parciales del Capítulo III	107

CONCLUSIONES GENERALES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

GLOSARIO

ANEXOS



Introducción



INTRODUCCIÓN

Cada vez más la evidencia científica demuestra la responsabilidad de las acciones del hombre, particularmente en las sociedades industrializadas guiadas por el capitalismo y el consumismo derrochador con el aumento desmedido de los gases de efecto invernadero muy por encima de los producidos por causas naturales, lo que rompe un equilibrio natural logrado durante miles de millones de años, así como por la acciones depredadoras y contaminantes sobre bosques, ríos, mares, depósitos naturales de agua subterránea y las tierras cultivables, entre otros factores de equilibrio vitales para la vida y la existencia de todos los seres vivos en el planeta (Rodríguez Bueno, 2012).

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).

En la actualidad se están produciendo fuertes y crecientes impactos negativos y vulnerabilidades, algunas de ellas ya irreversibles en actividades como la agricultura, la pesca, la alimentación humana, y animal, la agroenergía, la infraestructura natural, además de la creada por el hombre. Todo ello afecta la vida, la calidad de vida y las posibilidades de supervivencia de la humanidad, especialmente en los países más subdesarrollados y las islas pequeñas, con el destaque de partes importantes de África, Asia y Oceanía.

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.

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.

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 como reserva natural y de gran relevancia para el territorio y el país. 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.

De las problemáticas planteadas en la Estrategia Ambiental del Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL) 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, y el elevado consumo de agua, siendo este el recurso natural más importante que maneja dicho Ministerio. De las problemáticas planteadas anteriormente las industrias productoras de alimentos no quedan excluidas, como es el caso de las empresas identificadas entre las que más afectan al ecosistema de la Bahía, como la Empresa de Productos Lácteos Escambray y la Unidad Empresarial de Base Glucosa Cienfuegos. Las cuáles generan impactos negativos sobre el entorno por la alta carga contaminante de sus aguas residuales, la generación de residuos sólidos y la contaminación atmosférica; además se encuentran enfrascadas en desarrollar trabajos exhaustivos en cuanto a la mitigación de los impactos ambientales que generan sus procesos.

Es cardinal destacar que en la industria de productos lácteos, 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 empaclado. 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 Empresa de Productos Lácteos Escambray 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 DBO₅ 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.

Dicha empresa, consume en el 2012 un total de 277 510 m³ de agua, habiendo aumentado de 12 480 m³ 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 m³ 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.



En el caso de la UEB Glucosa Cienfuegos, la empresa provoca una gran contaminación atmosférica, siendo cuantificadas en el año 2012 la emisión de 26 089,5 kg de SO₂ (g) a causa de la producción de almidón; dicha emisión provoca grandes afectaciones a los asentamientos poblacionales que la rodean como el Reparto Pueblo Griño, el cual ha sufrido por años de molestias por las emanaciones y malos olores provenientes de la empresa en cuestión.

Con lo referido a la utilización de los recursos, en el 2012 se consumieron en la empresa 205 577 m³ de agua, de los cuales 108845,1 m³ (52,95%) se destinaron para la producción de almidón y de los mismos 27818,71m³ (13,5%) fueron vertidos a residuales sin aprovechamiento, ocasionando gastos por concepto de consumo de agua de 61 673,1 CUP. También fueron vertidos a residuales otros líquidos como: la lechada de almidón, el licor de remojo y la suspensión de gluten, ocasionando pérdidas de 47592,6 CUP y vertiendo un total de 31 760,64 m³ ofreciendo mayor DBO₅, turbulencia, agresividad y mayor carga de trabajo a la planta encargada del tratamiento de los mismos.

Además en el año 2012 se consumieron 1 516,28 MWh de energía eléctrica y 765,3637 t de fuel oil con la utilización del 13,15% y 52,25% respectivamente en la producción de almidón, generando en esta producción por concepto de estos consumos un total de gastos de 84 985,2 CUP.

Ambas empresas se encuentran inmersas 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 diez 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, 221 y 222)
-  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 problemática** que identifica la presente investigación.

Basado en los aspectos abordados se plantea el siguiente **problema de investigación**: ¿Cómo contribuir a la Gestión de la Ecología Industrial en el sector empresarial?

El **Objetivo General** de la investigación es: Diseñar un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial utilizando como caso de estudio empresas pertenecientes a la Industria Alimenticia.



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.
2. Implementar el procedimiento propuesto en las plantas de helado, queso y almidón en las empresas objetos de estudio.
3. Proponer un conjunto de acciones de mejora que contribuyan a mitigar el impacto ambiental y económico.

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 las empresas objetos de estudio, aportarán 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 la Empresa de Productos Lácteos Escambray y la UEB Glucosa Cienfuegos.

Definición de variables

Como variable independiente se declara en la investigación:

 Procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial: 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 realiza una revisión del estado del arte de los principales aspectos relacionados con 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. Además, se exponen las diferentes herramientas que posee y se presentan algunos de los casos más difundidos para mostrar los resultados de su aplicación, siendo este el estado de la práctica; permitiendo la incorporación de los elementos que darán sustento teórico a esta investigación.

En el **capítulo II** se presenta un procedimiento orientador para la Gestión de la Ecología Industrial, así como se precisan posibles herramientas a utilizar en su aplicación. Posteriormente, se valora la pertinencia de la implementación del procedimiento diseñado, a través del criterio de los expertos.

En el **capítulo III** se presentan los resultados relacionados con la implementación del procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial siguiendo las etapas y pasos antes explicados. Se seleccionan para ello como objetos de estudio la Empresa de Productos Lácteos Escambray y la UEB Glucosa Cienfuegos, a las que se propone finalmente un conjunto de acciones encaminadas a garantizar producciones más limpias (PML), ecoeficiencia y el cierre del ciclo de materia mediante el aprovechamiento de los residuos.



Capítulo I



CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En el presente capítulo se realiza una revisión del estado del arte de los principales aspectos relacionados con 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. Además, se exponen las diferentes herramientas que posee y se presentan algunos de los casos más difundidos para mostrar los resultados de su aplicación, siendo este el estado de la práctica; 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.

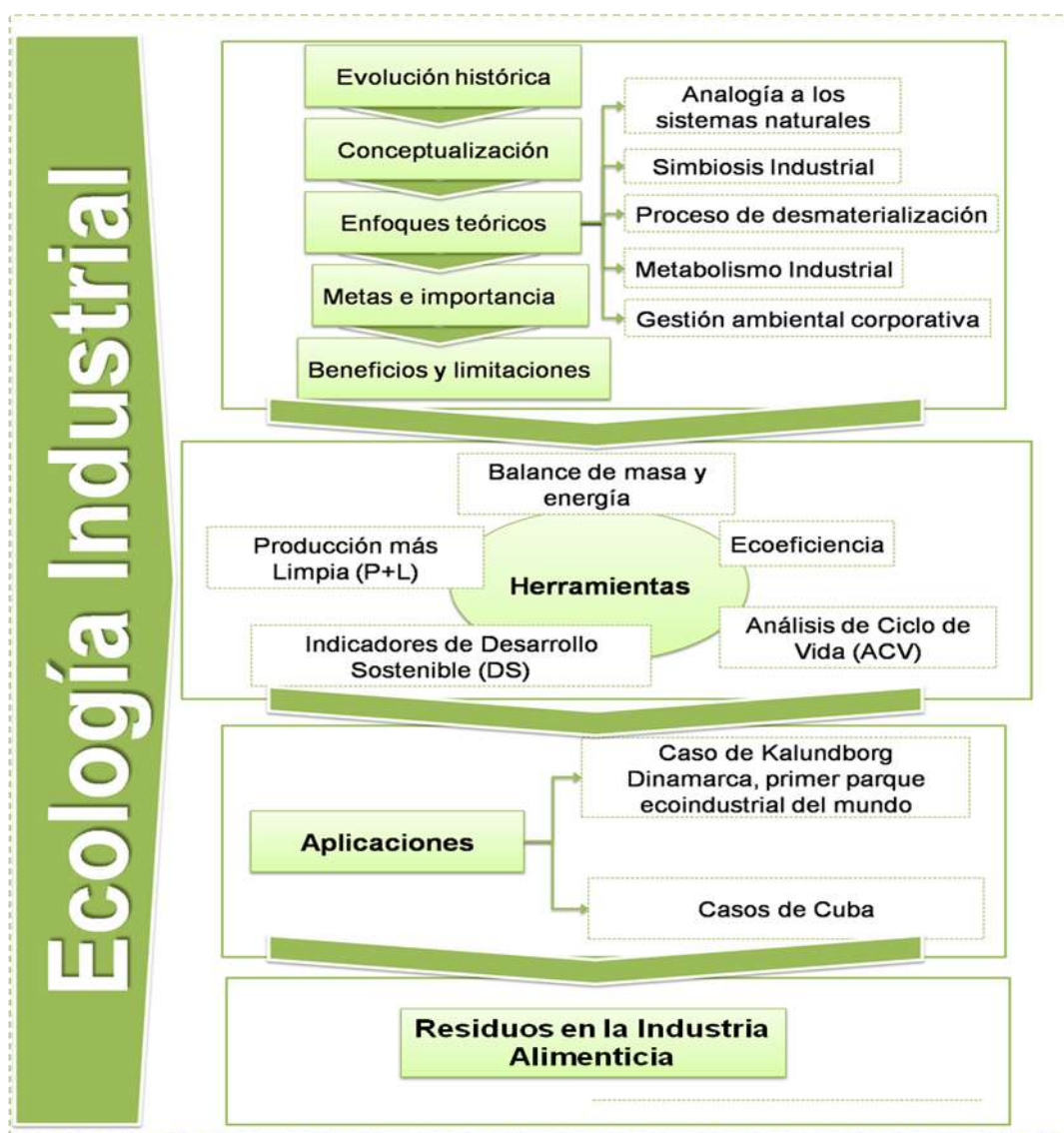


Figura 1.1: Hilo conductor del marco teórico referencial de la presente investigación. **Fuente:** Elaboración propia.



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 la 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 contribuye 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 posteriormente sentarían las bases para la definición del concepto de Ecología Industrial.

Posteriormente, en 1997, se crea la primera revista de ecología industrial: *Journal of Industrial Ecology*. También en ese año se celebra en Barcelona (España) el primer Congreso Europeo de Ecología Industrial, organizado por el Instituto Químico de Sarriá. En el 2001 se constituye la Sociedad Internacional de Ecología Industrial (*International Society for Industrial Ecology* - ISIE) y se celebra 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 un resumen de 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. 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**).

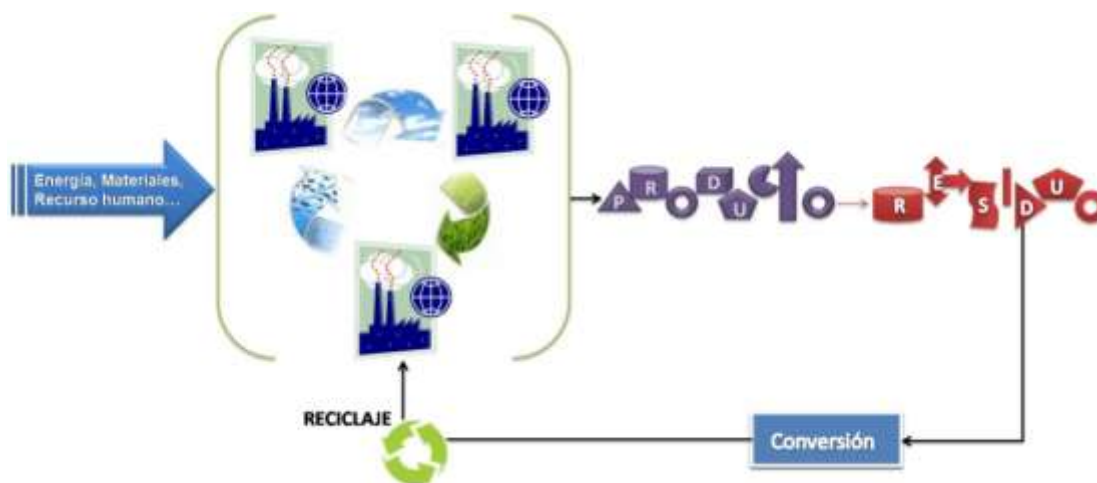


Figura 1.3: Ecología Industrial. **Fuente:** Elaboración propia.

Para la mejor comprensión de este concepto proporcionado por la autora de la presente investigación se realiza la aclaración de los siguientes términos.

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 (ver **Figura 1.4**).

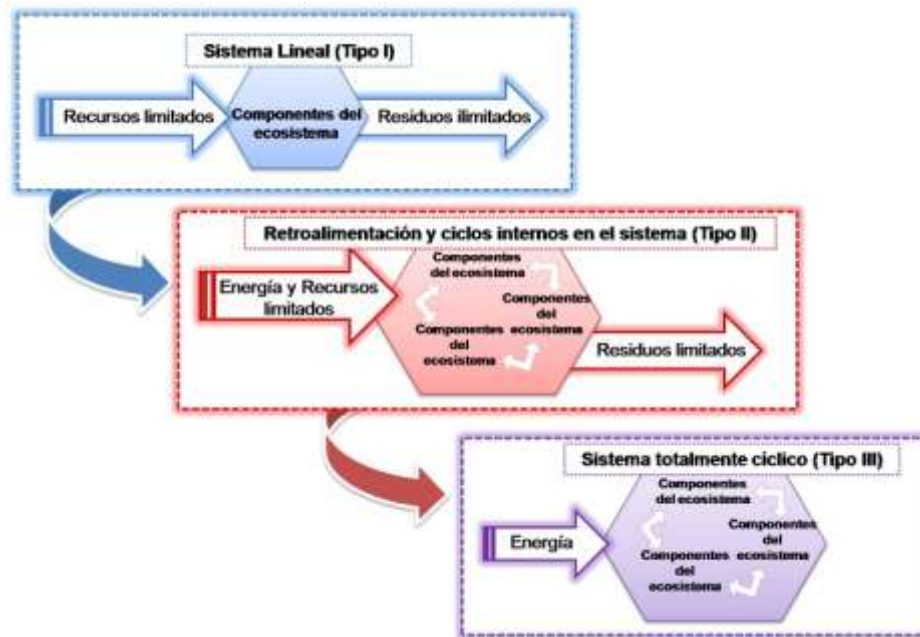


Figura 1.4: Tipología de ecosistemas. **Fuente:** Morales (2011).

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, 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) expresa 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 **Figura 1.5** y seguidamente se abordan cada uno de estos enfoques teóricos.



Figura 1.5: Enfoques teóricos en torno a la ecología industrial según Morales (2011). **Fuente:** Morales (2011).

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 define 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. Graedel 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 se analiza en dos niveles como se muestra en la **Figura 1.6**.



Figura 1.6: 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, apegándose 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 2**.

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.

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 3**. 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 4**.

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 1.7**).

Stephen Bunker (1996) 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. 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 1.7: 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.

Un aspecto importante dentro de la Ecología Industrial es que este enfoque puede operar a diferentes niveles, tal como se ilustra en la **Figura 1.8**.

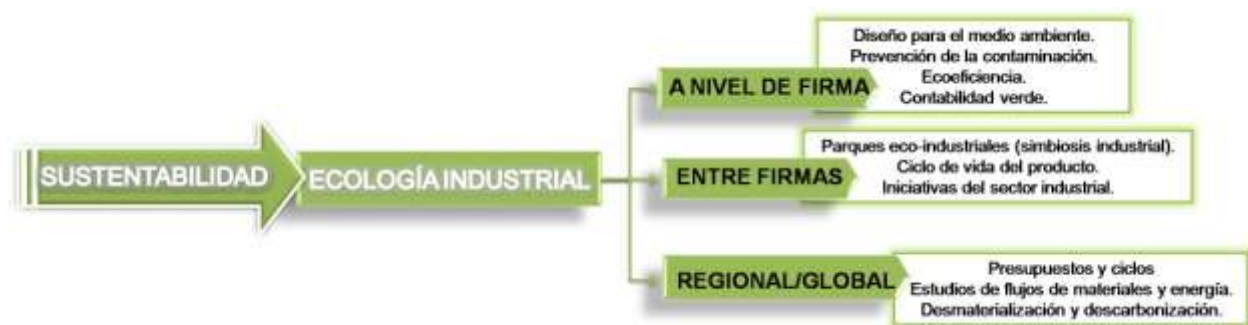


Figura 1.8: Elementos de la ecología industrial que operan a diferentes niveles. **Fuente:** Ayres R. & Ayres L. (2002).

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 5**, 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 Distinciones 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 1.9**. 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 1.9: Metas de la Ecología Industrial: los tres elementos de la sostenibilidad, y las interrelaciones entre sus componentes. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Cervantes Torre-Marín, *et al.*, (2009).



Cervantes (2009) destaca algunos de los criterios para la implementación de la Ecología Industrial y la transformación de sistemas industriales en ecosistemas industriales, entre los cuales destacan:

- Tendencia a un sistema industrial de ciclo cerrado
- Ahorro en la extracción y uso de recursos naturales
- Obtención de energía de fuentes renovables
- Ecoeficiencia
- Desmaterialización de la economía
- Inclusión de costos ambientales en los productos o servicios
- Generación de redes entre las entidades, participantes y el entorno
- Generación y mejora de puestos de trabajo

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 1.10 se muestran niveles para los cuales la ecología industrial es importante como el social, económico y ambiental.



Figura 1.10: 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.

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 6**.

En contraposición a lo antes descrito, la concepción de la ecología industrial, 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, entre ellas:



- Dificultad de crear las redes de interrelación entre industrias que permitirán el intercambio entre ellas.
- Dificultad para cambiar la mentalidad competitiva y comprender que la cooperación puede ser beneficiosa.
- Dificultad para establecer relaciones dinámicas, debido a la movilidad del sistema industrial y la necesidad de mantenerse en continuo cambio.
- Cuando no interese el intercambio se debe tener una visión más amplia y establecer los mecanismos para seguir cooperando.

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; utilizando varias herramientas y métodos que le permiten analizar y fomentar las interacciones e interrelaciones existentes entre los sistemas industriales y también otras que se desarrollan al interior de una sola empresa o sistema. Entre ellas se pueden mencionar (ver **Anexo 7**).

• **Análisis de Ciclos de Vida (ACV).** Consiste en cuantificar todas las cargas ambientales de un producto o servicio “desde la cuna a la tumba”.

• **Balance de masa y energía.** Cuantifica las entradas y salidas de recursos (en masa) de una economía (región, país, empresa).

• **Diagramas de flujo.** Diagramas donde se expresan los procesos que tienen lugar en una empresa, entidad, región, etc. y se indican las materias primas, los residuos, emisiones y descargas, así como los materiales y energía intercambiados.

• **Mercado de subproductos.** Consiste en la compra venta de residuos y/o subproductos entre entidades distintas.

• **Análisis Económico Ambiental.** Cuantifica las cargas económicas de un producto o servicio sobre el ambiente, basado en los costos de generación del producto y la explotación de



recursos naturales para su elaboración, hasta los impactos ambientales por su posterior anejo y disposición como residuo.

 **Producción más Limpia.** Definida como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva para aumentar la eficiencia de productos, procesos y servicios y disminuir los riesgos para el hombre y el medio ambiente (PNUMA, 2008).

 **Ecoeficiencia.** Se entiende como aquellas acciones innovadoras que se realizan al interior de una planta, para lograr mayores beneficios económicos y al mismo tiempo generar mejoras ambientales. (DURAN 2007).

 **Prevención de la contaminación (P₂).** Definida por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2008), como la reducción o eliminación de residuos en la fuente a través de la modificación de los procesos de producción, promoviendo el uso de sustancias no tóxicas o menos tóxicas, implementando técnicas de conservación y reutilizando materiales en vez de incorporarlos al flujo de residuos.

 **Ecodiseño y los ecoproductos.** Acciones orientadas a la mejora ambiental del producto en la etapa inicial de diseño mediante la mejora de su función, selección de materiales menos impactantes, aplicación de procesos alternativos, mejora en el transporte y en el uso y minimización de los impactos en la etapa final de tratamiento.

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 1.2**, se enlistan los ejemplos más representativos de implementación de ecología industrial, alrededor del mundo.



Tabla 1.2: Ejemplos de implementación de ecología industrial en el mundo. **Fuente:** Modificado de Cervantes Torre-Marín, *et al.* (2009).

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

A continuación se presentan algunos de los casos de aplicación 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 8** 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 9** 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 10** y **11** respectivamente.

1.5.2 Casos de Cuba

Un elemento necesario a estudiar antes de abordar este tema resulta el estudio de los problemas ambientales del país y la provincia, los cuales coinciden en gran medida y han sido identificados en el **Anexo 12**, evidenciándose que estos tienen una compleja y dinámica interrelación ya que hay algunos de estos problemas ambientales 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.

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 m³ 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 CO₂ 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 m³/hL de alcohol producido con un ahorro de 201 050 USD/año.
- Reducción del volumen de aguas residuales vertidas en 4,8 m³/hL de alcohol producido.

La Planta de producción de «Interferonalpha 2b recombinante», 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 m³/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.

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.

- 🌱 Limpieza 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).



Industrias de almidones y glucosa a partir de maíz

Para la producción almidón y glucosa a partir del maíz, se utiliza este grano como materia prima fundamental, el mismo debe ser procesado pasando por diferentes operaciones unitarias. Los procesos para la obtención de estos productos consumen gran cantidad de recursos, materias primas y materiales, así como provocan la generación de residuales.

Tomando como base las áreas de atención propuestas por el PNUMA en PNUMA/IMA (1999) para la generación de opciones de Producciones más Limpias, se indican a continuación algunos elementos que pueden servir de forma general como punto de partida para la implementación de planes de producción más limpia en la industria alimenticia (Restrepo, 2006).

 Cambio en los insumos: una forma de implementar este cambio, es con el empleo de extractos naturales, sustancias sintetizadas pero idénticas a las naturales, con pigmentos de origen vegetal, y por lo tanto menos contaminantes. También constituye una estrategia el monitoreo permanente de la calidad de los insumos entregados por los proveedores para asegurar parámetros constantes de pureza. Además, uno de los insumos que más compromete al medioambiente es el material de empaque, es por ello que la mejora se orienta a la consideración de materiales alternativos como el vidrio o los enlatados (aluminio y hojalata) o bioplásticos.

 Cambio tecnológico: la incorporación de nuevas tecnologías en el procesamiento de las materias primas permite la disminución de impactos negativos en el medioambiente como son: tecnología de membranas, extracción con fluidos súper críticos, biotecnología y otros.

 Buenas prácticas operativas: como es común a otras industrias, una adecuada capacitación, control y disciplina en el proceso y un correcto plan de mantenimiento preventivo de todos los equipos involucrados en el mismo asegura la reducción de residuos, la fuga de contaminantes y el excesivo empleo de agentes de limpieza y desinfección.

 Reutilización en el sitio: en las empresas productoras de alimentos dentro del proceso productivo se generan residuos intermedios que se pueden tratar con bajos niveles de inversión y se pueden reutilizar o valorizar, se puede incluso derivar una línea de subproductos para la alimentación animal que minimice los vertimientos o la generación de residuos sólidos, además es de especial importancia en las mismas la reutilización del agua en aquellos casos que sea posible.

Unidad Empresarial de Base Glucosa Cienfuegos

Los problemas ambientales ocasionados por la UEB Glucosa Cienfuegos tienen su origen desde la propia puesta en marcha de esta empresa; luego, producto a la situación que ha venido afrontando Cuba con relación al mercado internacional, esta empresa se ha visto



seriamente afectada en la adquisición de nuevas tecnologías para sus procesos productivos, lo que trae consigo que los residuos generados por sus producciones principales cada día sean mayores debido en lo fundamental a los derrames producidos por roturas imprevistas de los diferentes equipos, las malas prácticas operativas y las indisciplinas tecnológicas Chou Rodríguez, López Bastida, Francisco Martín, y Ortega Viera (2011).

Es por ello que en la empresa en cuestión se han realizado un conjunto de investigaciones, donde sus temáticas se enfocan hacia la mejora de sus problemas ambientales, ellas fueron elaboradas por: Chou Rodríguez (2012); García Yanes (2012); García Zamora (2012); Moya Monteagudo (2012). Con el objetivo principal de realizar una Evaluación de Producciones Más Limpias en los procesos de producción de almidón y glucosa respectivamente. Como resultado de estas investigaciones, se identificaron oportunidades de Producciones más Limpias, y la propuesta de acciones de mejoras encaminadas hacia la mejora del desempeño medioambiental de la empresa.

Además, Cruz García (2012) realizó una investigación con el objetivo principal de evaluar el impacto ambiental de la producción de glucosa ácida en la empresa haciendo uso de la metodología Análisis de Ciclo de Vida. Obteniendo como resultados: la identificación de los impactos principales del proceso de producción de la glucosa ácida, la determinación de los productos que presentan mayor carga contaminante al medioambiente y la propuesta de mejoras factibles para disminuir estas incidencias.

Un importante elemento impulsor de las mejoras orientadas hacia las producciones más limpias, el cierre de ciclo metabólico, desmaterialización y de la 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.

1.6 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 1.3**), 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.

Tabla 1.3: 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 ₅ , DQO, eutrofización, sustancias peligrosas, espumas, turbidez, color	Residuos peligrosos y no peligrosos	Visual, polvo, olor y vibraciones acústicas	Energía, agua y combustibles

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.

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 (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% (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 amoníaco 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.

1.6.2 Residuos agroindustriales derivados del maíz

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. Dentro de las principales acciones tomar internamente en la industria, según el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (1998) son:

-  Caracterización de los residuales y análisis de sus posibles usos.
-  Introducción de métodos de segregación para la recolección de los residuos con posibilidades de ser reutilizados.
-  Recolección y extracción de sólidos de las canalizaciones de residuales, mediante trampas, tamices.
-  Aplicación de medidas organizativas dentro y fuera de la industria para asegurar la rápida extracción y uso de los residuos recuperados. Creación de condiciones para su almacenamiento apropiado, con el fin de evitar la descomposición de la materia orgánica.
-  Control y disminución del consumo de agua industrial, realizando limpiezas secas siempre que sea posible.

El maíz (*Zea mays*), también llamado millo o choclo, es un cereal originario de América e introducido en Europa en el siglo XVII. Es actualmente, es el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, superando al trigo y al arroz. Además de utilizar el maíz con fines alimenticios, tanto humano como animal, se emplean sobre todo los estilos en herboristería, en diversos preparados y en decocciones para el tratamiento de diversas enfermedades, otros ejemplos de aplicaciones de se muestran a continuación:

-  El maíz como sustrato para la producción fermentativa de metabolitos de interés.



Se reporta la producción a nivel de matraces, de un biosurfactante útil para remediación de suelos impactados con petróleo, a partir de la fermentación de residuos de la refinación de aceite de cacahuete y extracto de la maceración de maíz (Sobrinho et al. 2008).

En Brasil Loss, Royer, Barreto-Rodríguez y Barana (2009), utilizaron los residuos provenientes del procesamiento del maíz en un cultivo a nivel piloto con una cepa de *Pleurotus* sp., para obtener un sustrato útil en la producción de setas comestibles.

 El maíz como sustrato para la generación de bioenergéticos.

Los principales ejemplos de producción de bioenergéticos a partir de residuos agroindustriales reportados en la literatura, están enfocados hacia la producción de: bioetanol, biodiesel, otros biocombustibles, biohidrógeno y biogás (Saval, 2012).

Así como en Brasil se produce bioetanol a partir de la sacarosa de la caña de azúcar, en los Estados Unidos se produce a escala comercial a partir del almidón del maíz. Dichas materias primas son fuente de alimentos para consumo humano y animal, por lo que es necesario contar con otras alternativas que no compitan con los cultivos alimenticios. Una de estas alternativas y tal vez la más importante, es el bagazo de caña, residuo de la industria azucarera, sin embargo, este material es de naturaleza química muy compleja y requiere ser tratado previamente para permitir su degradación (Carreón et al., 2009).

Saval (2012) plantea que, si bien el residuo más utilizado para la producción de bioetanol es el bagazo de caña de azúcar, en la literatura se encuentran una gran variedad de residuos que se han estudiado en diversas partes del mundo para los mismos fines, entre ellos: el aceite de palma y racimos libres de la fruta; pulpa, cáscara y tallo de la flor del plátano; mosto resultante de la elaboración de vinos; maíz y cortes de tallos de café, en Colombia.

 La utilización de derivados industriales del maíz: agua de maceración, cáscara, aceite, gluten y almidón puro o transformado en glucosa (líquida o sólida) o en dextrinas.

El maíz está presente de una u otra forma en la mayor parte de las cosas usadas y consumidas diariamente. Del mismo se derivan un sinnúmero de elementos los cuales tienen utilidades en infinidad de formas, se detallan las más importantes a continuación:

El agua de maceración concentrada tiene una gran aplicación en el campo de la medicina, es usada como material de cultivo de donde se extrae la penicilina y la estreptomicina entre otras. Se usa además, junto con el gluten, la cascara y la torta *expeller* después de secos y molidos en la fabricación de materias primas para raciones, gluten *feed* y gluten *meal*, que tienen gran aplicación en industria agropecuaria y avícola (Ponce de León, 2000).

El aceite de maíz bruto tiene importantes aplicaciones industriales, lo mismo acontece con el aceite refinado, que es utilizado en algunos productos farmacéuticos. El aceite destinado para



finés alimenticios es de fácil digestión y de asimilación rápida y total, además de ser un excelente vehículo para las vitaminas solubles. Igualmente el aceite de maíz hace bajar el colesterol en la corriente sanguínea, disminuyendo así el riesgo de disturbios cardiovasculares en el ser humano.

El Gluten *Meal* es particularmente utilizado en las fórmulas para aves, pollos y pintadas con el fin de acentuar la pigmentación natural de las carcasas. Empleado en las fórmulas de ponedoras, participa en la coloración de la yema de huevo (Sancho Tello, 2012).

La torta o bagazo de germen es un subproducto del procesado del maíz por vía húmeda y procede de la extracción del aceite del germen. La torta de germen puede incorporarse a otros ingredientes o comercializarse de forma independiente, por su bajo contenido en humedad y granula bien, facilita la incorporación indirecta de grasa al pienso (Reyes Lucas, 2012).

El almidón de maíz (maizena), representa un capítulo aparte en la dietética infantil, gracias a sus cualidades de fácil asimilación. Se hace casi indispensable en la cocina para la preparación de sopas, cremas y platos dulces o salados. Son innumerables las industrias de productos alimenticios que utilizan el almidón de maíz: panaderías, industrias de conservas, confiterías, lácteas.

Los jarabes de glucosa son utilizados en tantos productos alimenticios que sería ocioso enumerarlos, se nombran apenas: bizcochos, masas, helados, confites jarabes, caramelos, las salchichas, salames, mortadelas y otras carnes preparadas, exigen glucosa y almidón en su preparación para aderezar y conservar su sabor o para tornarles más consistentes y de mejor apariencia (Ponce de León, 2000).

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. En la literatura consultada se evidencia la carencia de procedimientos que orienten a la Gestión de la Ecología Industrial como parte de una adecuada Gestión Ambiental, teniendo en cuenta los enfoques teóricos: analogía con los sistemas naturales, metabolismo industrial,



proceso de desmaterialización, simbiosis industrial y gestión ambiental corporativa; siendo esta una de las prioridades en el sector empresarial en la actualidad.

4. 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.

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. Además, se han realizado numerosas investigaciones sobre la industrialización del maíz, ya que se ha tornado una de las materias primas más importantes y utilizadas, existiendo innumerables aplicaciones en todos los campos de la actividad humana y potenciada en la obtención de biocombustibles.



Capítulo II



CAPÍTULO II: PROPUESTA DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL

En el Capítulo I se establecía la carencia de procedimientos para la Gestión de la Ecología Industrial como una conclusión importante sustentada en la revisión de la literatura. En este Capítulo, como una contribución al respecto, se presenta un procedimiento orientador para la Gestión de la Ecología Industrial, así como se precisan posibles herramientas a utilizar en su aplicación. Posteriormente, se valora la pertinencia de la implementación del procedimiento diseñado, a través del criterio de los expertos.

2.1 Principios del procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial

En materia de calidad un *procedimiento* es entendido como: forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso (Organización Internacional de Normalización, 2000).

El procedimiento que se detalla en el apartado siguiente ha sido elaborado considerando la teoría abordada en el Capítulo I y la definición anterior. Fundamentalmente este se estructura de forma que facilita el cumplimiento de requisitos establecidos por la Organización Internacional de Normalización (2008) en la ISO 9001: 2008.

El procedimiento que se diseña toma como base los criterios de: 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); pero tiene en cuenta en su concepción y puesta en práctica el procedimiento para la Gestión por procesos que proponen Pons y Villa (2006) y el ciclo PHVA de Deming para el mejoramiento (Beltrán, Carmona, Carrasco, Rivas, y Tejedor, 2003).

Todo lo anterior fundamenta como principios del procedimiento los que se especifican a continuación.

 Enfoque a procesos: Las organizaciones industriales están llamadas a seguir el enfoque por procesos y es esta una de las ideas rectoras de la familia de normas ISO 9000: 2000 (Organización Internacional de Normalización, 2008).

 Mejora continua: Al enfocar las mejoras se tiene en cuenta la retroalimentación permanente a la organización para garantizar que los clientes (internos y externos) se mantengan satisfechos.



 **Enfoque sistémico:** La empresa a partir de la implementación del procedimiento es analizada como un sistema abierto, dado que este hace referencia en su esencia a los análisis de residuos que afectan el medio ambiente.

 **Aplicabilidad:** El procedimiento en su presentación queda lo suficientemente detallado y con las herramientas necesarias para su aplicación aun por aquellas personas que no sean especialistas en el tema.

Además de estos se consideran como principios del procedimiento los que también declaran Díaz y Pons (2009) y Moreno (2010) que para la presente investigación se definen como:

 **Adaptabilidad:** El procedimiento es adaptable a cualquier empresa encaminada a mitigar la contaminación ambiental.

 **Pertinencia:** El procedimiento está diseñado para una aplicación constante en el sector empresarial que garantice lograr el desarrollo sostenible.

 **Flexibilidad:** El procedimiento es flexible en cuanto a que, en dependencia de la etapa que se aplique y la empresa pueden omitirse algunos pasos sin afectar la evaluación final, considerando su pertinencia y sin perder la lógica de análisis. Además, también lo es en cuanto a las herramientas que se proponen para la consecución de cada uno de los pasos.

 **Consistencia lógica:** El procedimiento se articula de una forma lógica que permite cumplir con los principios anteriores para lo que está compuesto de etapas y como parte de las mismas de diferentes pasos, todo ello cohesionando criterios relacionados con la gestión ambiental y particularmente de la Ecología Industrial.

En el apartado que sigue se explica el procedimiento de Gestión de la Ecología Industrial que al implementarse, tal cual se propone, garantiza el cumplimiento de los principios tratados.

2.2 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.



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.



Etapas 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.

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
-  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.

Etapas 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.
-  Diagrama SIPOC.
-  Balance de masa y energía.
-  Análisis de Regresión.
-  Gráficos de Control.
-  Análisis de capacidad.
-  Lista de chequeo.
-  Formulario.

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**).

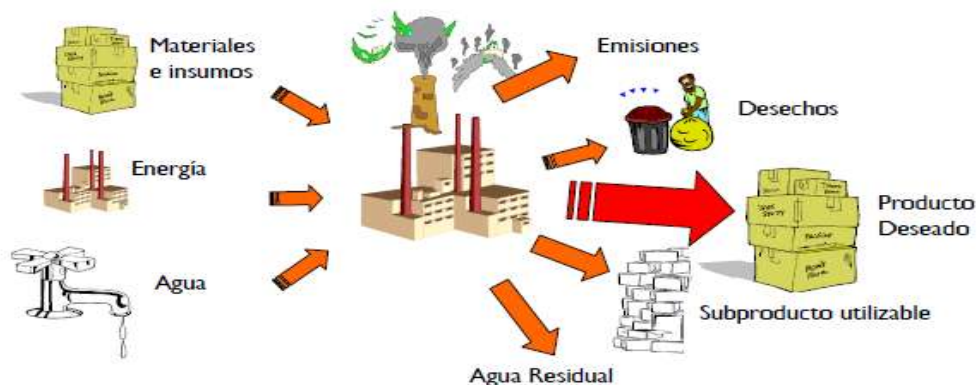


Figura 2.2: Diagrama de entradas y salidas. **Fuente:** Centro de Producción más Limpia de la Corporación de Investigación Tecnológica de Chile, INTEC, (2000).

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**); instrumento que se analiza con el grupo de expertos que validan la pertinencia del procedimiento que se diseña, arrojando que aportaría resultados satisfactorios al estudio que se realiza, pues verificaría el manejo de las materias primas a nivel de proceso.

En este paso también se pueden aplicar herramienta de calidad, tales como: Análisis de regresión, Cartas de Control, Análisis de capacidad, Análisis de Modos y Efectos de Fallos (FMEA) 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.

 Gráfico 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.

 Análisis de capacidad de proceso: Es la manera que las variables de salida de un proceso cumplen con sus especificaciones, para así considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria o no.

 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.

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 CO₂) 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 la **Tabla 2.1**.



Tabla 2.1: 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 (Sub-huella Energía)		
La huella de energía, calculada como la cantidad de terreno forestal requerido para absorber las emisiones de CO ₂ 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:			
Sub-huella Energía (ha/ unidad de producto)	$\sum \frac{\left[\left(\frac{T_c}{P_b}\right) \times V_c\right] \times 4.1868 \times 10^{-6}}{F_c}$	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 ₂ (71Gj requieren 1ha productiva).	
Nota 1: 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 ₂ /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 ₂ /ha/año (Oliveros, <u>et al.</u> , 2004).			
Nota 2: 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 ₂ 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).			
	Sub-Huella de los insumos (Sub-huella Insumos)		
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:

Sub-huella Insumos (ha/ unidad de producto)	$\sum \frac{(\frac{C_{Ix}}{P_b}) \times IE}{F_c}$	Donde:
		C _{Ix} : Consumo total del Insumo X para el período de la investigación (t/año).
		IE: Intensidad Energética del Insumo x según Doménech Quesada (Gj/ton).
Sub-Huella de superficie construida (Sub-huella Superficie Construida)		

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:

Sub-huella Superficie Construida (ha construidas/ unidad de producto)	$\frac{Sc}{Pb}$	Donde:
		Sc: Superficie total construida del área total de la entidad (ha).
	Sub-Huella de superficie construida (Sub-huella Gastos Indirectos)	

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).

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	$\text{Aguas azules (m}^3/\text{unidad de producto)} = [\sum(A_{pi})/P_{Bx}]$ $\sum A_{pi}$: Sumatoria de cada uno de los volúmenes de aguas residuales generadas en las diferentes actividades del proceso. P_{Bx}: Producción bruta total en un periodo de tiempo.
Verde	$\text{Aguas verdes (m}^3/\text{unidad de producto)} = [\sum \text{Aguaverde (evaporada + incorporada)}] / P_{Bx}$ P_{Bx}: Producción bruta total en un periodo de tiempo.



Gris	$Aguas\ grises(m^3/unidaddeproducto) = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} / P_{Bx}$ L: Carga contaminante total generada en las diferentes actividades de la producción (masa/tiempo). C_{max}: Concentración máxima aceptable de este contaminante (masa/volumen), según la NC 521: 2007, Límite Máximo Permisible Promedio para los parámetros de los residuales líquidos. C_{nat}: Concentración natural en el agua del cuerpo receptor (masa/volumen). Nota: cuando las concentraciones naturales no se conocen con precisión pero se estiman ser bajas, por simplicidad se puede suponer $C_{nat} = 0$. P_{Bx}: Producción bruta total en un periodo de tiempo.

Paso 8: Diagnóstico de residuos a nivel de proceso

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 15**) y una lista de chequeo (ver **Anexo 16**), 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; ambos instrumentos se analizan con el grupo de expertos que validan la pertinencia del procedimiento que se diseña, arrojando que aportaría resultados satisfactorios al estudio que se realiza, pues verificaría el manejo de los residuos a nivel de proceso.



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:

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.
-  Procesar las 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_t: 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_t: 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.



2.3 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:

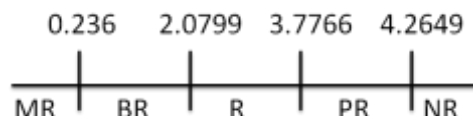
1. Selección de los expertos; lo que se lleva a cabo mediante los pasos 1, 2 y 3 de **Anexo 13**.
2. Envío del procedimiento acompañado de una encuesta (ver **Anexo 17**) para que lo estudien y, en consecuencia, emitan sus criterios acerca del mismo.
3. Procesamiento de las encuestas. Se utiliza para 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 18**.

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

Los resultados de la validación se presentan en el **Anexo 19**, donde se conforma un grupo de 11 expertos en el rango de clasificación entre alta y media (ver **Tabla 1 Anexo 19**), 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 19**), a partir de la cual se obtuvieron las tablas de frecuencia absoluta acumulada (ver **Tabla 3 Anexo 19**), y la de frecuencia relativa acumulada (ver **Tabla 4 Anexo 19**), 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 19**), 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 19**, 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.	Muy Relevante
Existe claridad en cuanto al modo de proceder en cada una de las etapas.	Bastante Relevante
El procedimiento es práctico y aplicable.	Muy Relevante
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.	Bastante Relevante
La implementación del procedimiento propuesto contribuye al cierre del ciclo de materia en las empresas.	Bastante Relevante
El procedimiento es aplicable a otras empresas, es generalizable.	Bastante Relevante

Se realiza la prueba de hipótesis (ver **Tabla 7 Anexo 19**) 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.



2.4 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; integrando así herramientas propias de la Ingeniería Industrial y la Gestión Ambiental.
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.



Capítulo III



CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL EN EMPRESAS SELECCIONADAS DE CIENFUEGOS

En este capítulo se presentan los resultados relacionados con la implementación del procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial siguiendo las etapas y pasos antes explicados. Se seleccionan para ello como objetos de estudio la Empresa de Productos Lácteos Escambray y la UEB Glucosa Cienfuegos, a las que se propone finalmente un conjunto de acciones encaminadas a garantizar producciones más limpias (PML), ecoeficiencia y el cierre del ciclo de materia mediante el aprovechamiento de los residuos. A continuación se exponen los resultados de la implementación de dicho procedimiento.

3.1 Implementación de la Etapa I del procedimiento propuesto: Prueba de la Necesidad

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

En el análisis de los residuos industriales se emplea información recopilada de bases de datos e informes de la Delegación Territorial Cienfuegos del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), la Unidad de Gestión del CITMA, el Centro de Estudios Ambientales Cienfuegos (CEAC) y la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE). Todo lo que se precisa seguidamente permite caracterizar y analizar la situación actual de los residuos industriales de la provincia de Cienfuegos en cuanto a tipo de residuos y cuerpo receptor afectado así como los municipios, organismos o empresas (focos) contaminantes, cuestión escasamente tratada en investigaciones anteriores.

Análisis de los residuos: contaminación por sólidos

El manejo de los residuos sólidos con enfoque de Ecología Industrial en el país y en la provincia presenta dificultades, a pesar de algunos restablecimientos. Dichas dificultades radican principalmente 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. A ello se le suma la inestabilidad y deficiente calidad de la recogida y transportación de la basura, la insuficiente infraestructura, entre otras deficiencias que afectan tal gestión. En la actualidad se pretende la reducción, reúso y reciclaje, clasificación y minimización en el origen de los residuos sólidos, aprovechando la materia orgánica para la generación de energía.

En cuanto a este tipo de residuos, se realiza un sondeo general de la situación existente que se muestra en el **Anexo 20**. A modo de resumen se puede destacar que en la provincia se genera



un promedio anual de 835.9 Mm³ 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.

Análisis de los residuos: contaminación por emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas continúan siendo un importante problema ambiental en el contexto provincial y nacional, debido a la inexistencia de un instrumento para medir, gestionar y así minimizar las emisiones que tanto dañan el ecosistema atmosférico.

En el contexto provincial la contaminación atmosférica está considerada como una afectación de gran impacto, identificándose áreas puntuales de afectaciones por actividades muy específicas generadoras de polvo, hollín y malos olores en el entorno de la ciudad y cabeceras municipales, tales como: la fabricación de cemento y asfalto, tostaderos de café, lavanderías, panaderías, fabricación de glucosa, vertederos y microvertederos. Se tiene además, la producción 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 y por las concentraciones de material sedimentable.

Aunque se han realizado grandes esfuerzos por mantenerlo, no se cuenta con un trabajo sistemático en gran medida determinado por 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. 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

Se puede decir que actualmente existe un deficiente manejo de los residuos líquidos antes de su disposición final atendiendo a la concepción de la Ecología Industrial. Predomina el uso ineficiente e irracional del agua, las materias primas e insumos; la existencia de tecnologías obsoletas, malas prácticas e indisciplinas tecnológicas; al bajo nivel de aprovechamiento de efluentes y a la baja cobertura de tratamiento adecuado, además de la falta de cultura ambiental de directivos y empresarios en cuanto a la aplicación de los principios de las producciones más limpias y consumos sustentables, por sólo mencionar algunos condicionantes de la situación actual.

La contaminación por residuales líquidos orgánicos se analiza considerando la composición química que tienen las sustancias componentes del residual, ejemplo de estos pueden ser:



proteínas, ureas, aminos y aminoácidos, así como celulosa, grasas, entre otros, cuya concentración se mide con los análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

La DBO_5 es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C. De modo similar, la DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO_5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La DBO_5 suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. En el **Gráfico 3.1** se muestra el comportamiento de la concentración de DBO_5 en la provincia de Cienfuegos.

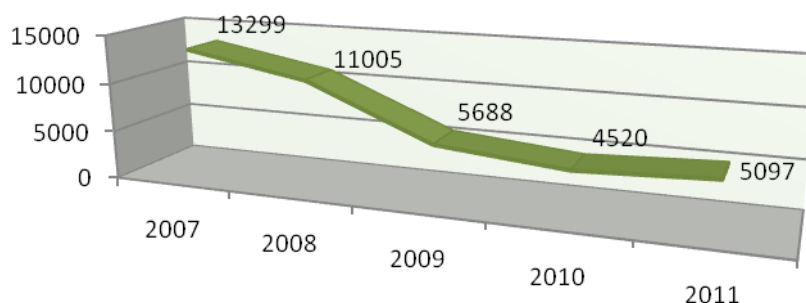


Gráfico 3.1: Comportamiento de la concentración de DBO_5 en la provincia de Cienfuegos.

Fuente: Anuario Estadístico Cienfuegos (2011).

Del gráfico puede observarse la variación que ha tenido la carga contaminante en la provincia, alcanzado los mayores valores en el año 2007 de 13 299 t de DBO_5 , a partir del cual se tiene una importante disminución hasta 2010, que tiende al incremento en el transcurso del año hasta llegar a 2011 con 5 097 t..

Según los datos presentados en la “Estrategia Ambiental Provincial 2011-2015 de Cienfuegos” en la provincia existen 116 focos de contaminación por residuales líquidos orgánicos registrados en el inventario nacional. Mostrando que la mayor cantidad de estos pertenecen a los municipios Cienfuegos, Palmira y Cumanayagua representando el 21%, 16% y 15% respectivamente. 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.

Resulta importante conocer aquellas cuencas donde existen más problemas de contaminación y las empresas que vierten a estas para incidir. Así se define que la mayor cantidad de empresas que vierten 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 21** se muestra el análisis de los municipios y cuencas anteriormente realizado, donde se exponen tablas con los datos relevantes y gráficos ilustrativos. Sin dudas, 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 que están incluidos en las cuencas de la Bahía y Arimao, debido a que estos son caudales de agua de gran relevancia. La cuenca Bahía ha servido de refugio a las embarcaciones durante muchos años, también es una reserva natural y cuenta con el segundo Complejo Portuario del país, además de ser la cuenca hidrográfica a la cual tributan todas las analizadas, así como las afectaciones que sufre directamente por un conjunto de industrias. Por otro lado, a la cuenca Arimao, aunque queda en tercer lugar es una de los puntos rojos ya que tiene una inadecuada gestión de los residuos de 38 Empresas Pecuarias, pues no tienen calculada la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), debido a que el ganado no está estabulado, también se halla el área protegida de la “Laguna de Guanaroca”.

En el **Anexo 22** se recoge el inventario de empresas cuya disposición final de sus residuales líquidos orgánicos tributa a las cuencas hidrográficas Bahía y Arimao, de estas se tiene la carga orgánica DBO_5 generada y dispuesta con datos del año 2012, específicamente hasta el mes de noviembre. De los organismos representados en dicho anexo los que mayor porcentaje de DBO_5 generada y dispuesta tienen son: el Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL), el Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR) y el Ministerio de la Agricultura (MINAG). Por otro lado, el Ministerio del Interior (MININT) presenta un alto porcentaje de DBO_5 generada, en cambio se observa una disminución considerable en la disposición de esta por lo que se concluye que el MININT no presenta una situación crítica.

Posteriormente, se realiza un análisis de la carga contaminante en el organismo seleccionado como puntero (MINAL), agrupando la información de este parámetro en las empresas que lo



conforman y se identifican las empresas con la mayor DBO₅, resultando que son: la Empresa Productos Lácteos Escambray y la Empresa Glucosa Cienfuegos.

Teniendo en cuenta el análisis realizado se decide seleccionar como empresas objetos de estudio a las empresas de Productos Lácteos Escambray y a Glucosa Cienfuegos por ser consideradas altas contaminantes por residuales líquidos orgánicos a la Bahía de Cienfuegos, siendo este un ecosistema frágil con alta significación en cuanto a recursos de la diversidad biológica de interés nacional y territorial. Además, esta última, porque provoca afectaciones con emisiones atmosféricas a las zonas y carreteras aledañas, así como a los asentamientos poblacionales que la rodean como el Reparto Pueblo Grippo, el cual ha sufrido por años de molestias por emanaciones de gases, polvo y malos olores provenientes de la empresa en cuestión.

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. Su descripción se muestra en el **Anexo 23**. Por la relación que tiene con el objetivo de esta investigación es importante señalar elementos de desempeño medioambiental, por ello en el **Anexo 24** se muestran las principales causas de generación de residuos y las actividades ambientales negativas más significativas de la empresa.

La segunda empresa objeto de estudio es la UEB Glucosa Cienfuegos, única de su tipo en el país e insigne de la provincia en cuanto a las producciones de alto valor agregado; que después de una fase de actualización en su Perfeccionamiento Empresarial, en función de la nueva estructura definida, pasa a ser una Unidad Empresarial de Base a partir del mes de septiembre de 2012, subordinada al Ministerio de la Agricultura (MINAG) del Grupo Empresarial LABIOFAM Empresa GÉNIX; su descripción se muestra en el **Anexo 25**. Además, en el **Anexo 26** se puntualizan aspectos ambientales como: la situación ambiental de la empresa, sus antecedentes y actualidad, además plasman los resultados de la más reciente caracterización de sus aguas residuales, efectuada por el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC).

Paso 3: Definición de alcance y limitaciones de la investigación

El estudio se desarrolla hasta la etapa III, paso 13 del procedimiento que se propone, posterior a ello el papel de los directivos de la empresa es implantar las acciones propuestas y monitorear los resultados, todo lo que se les explica. Así, como parte del estudio se analiza el



comportamiento de las materias primas, agua, portadores energéticos, producto final, los residuos sólidos, líquidos y atmosféricos.

En la investigación se tienen un conjunto de limitaciones o barreras que pueden afectar la exactitud y calidad de los datos, tales como: la inexistencia en las empresas de instrumentos de medición para determinar los consumos de agua, energía eléctrica y fuel oil por planta o proceso de producción, ello causa que los consumos se tengan de forma integral 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 algunos de estos portadores se recurra a la estimación de los mismos. Otra de las limitaciones, es la imposibilidad de cuantificar las emisiones de almidón a la atmósfera, ya que no se tienen todos los datos y medios necesarios para realizar este cálculo.

Paso 4: Formación de equipo de trabajo

Para seleccionar el número adecuado de integrantes que conforman el equipo de trabajo de la Empresa de Productos Lácteos Escambray y UEB Glucosa Cienfuegos, se aplica el método de expertos que se encuentra en el **Anexo 13**.

Como posibles expertos se considera a empleados claves de las distintas áreas de la empresa, con un alto nivel de compromiso, experiencia y competencia; luego se determina la cantidad necesaria de expertos y su nivel de competencia. En el **Anexo 27** se muestran los resultados alcanzados, se consideran 8 expertos de cada una de las empresas con una competencia entre alta y media.

3.2 Implementación de la Etapa II del procedimiento propuesto: Estudio de procesos de producción con enfoque de Ecología Industrial

Para recopilar 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. A continuación se implementa la Etapa II del procedimiento para cada una de las empresas objeto de estudio.

3.2.1 Etapa II 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 28**).

Es necesario aclarar que se toman los procesos claves para posteriores análisis, aunque estos forman parte de los macroprocesos del sistema, es decir en su concepto aglutinan varios procesos (ver **Anexo 29**). 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. Son, por tanto, estos procesos precisamente elegidos para el desarrollo del estudio.

Con nivel de exactitud se muestra en el **Anexo 30** 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 31, 32 y 33** 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 mostrar en los **Anexos 34, 35 y 36** 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 el **Anexo 37**. 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 38**.

Balance de materias primas

En el proceso productivo de helado intervienen varias materias primas fundamentales y alternativas, como se puede observar en el **Anexo 39**, donde se desglosan el consumo planificado y real de las mismas. A partir de este análisis 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 al ser manipulados se parten, además se realiza mayor cantidad de producción. Mientras que algunas materias primas alternativas utilizadas para dar sabor y 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.

En el proceso productivo de queso también intervienen varias materias primas fundamentales y alternativas, las que se pueden observar en el **Anexo 40**, donde se desglosan los datos acerca del consumo planificado y real de las materias primas. Concluyéndose que, con respecto a las materias primas fundamentales utilizadas 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 los tecnólogos y energéticos tienen un rol principal pues realizan estimaciones sobre el consumo de agua a partir de 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 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 41**, dónde se puede observar que en el proceso de helado la operación de limpieza representa el 65% 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.

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 en 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.

Mientras que en la planta de queso se puede observar que la operación de coagulación de la leche (calentar la leche) representa el 58% del consumo total de agua en la planta, no sucediendo lo mismo que en la anterior debido a que las operaciones de dicha planta no están diseñadas para recuperar todos los residuales líquidos generados en la producción; por lo que el agua que se utiliza para esta operación no se recircula por lo que se genera un residual importante en este concepto.

Una vez obtenidos estos datos estimados se analiza 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 42 y 43** se exponen los resultados a los que arroja luego de proyectar una comparación entre modelos alternos.

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 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 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.

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 3.1**, siendo para el helado de 30 248.59 m³ y para el queso 163 175.88 m³.

Tabla 3.1: 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/m³ para la consumida dentro del plan. En agua se gastó de forma general en la empresa 83 253CUP y 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 en todas las plantas hay una planificación 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 m^3 de agua por tonelada de leche fluida procesada.

Producción de una tonelada de helado

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

$$\text{polvo}/\text{t}_{\text{helado}} = 103.6 \text{ kg}_{\text{leche polvo}}/\text{t}_{\text{helado}}$$

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

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

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

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.

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.

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.

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 44 y 45**.

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,



explicando el 80.87% y 80.12% de la variabilidad en el consumo de energía eléctrica para las plantas de helado y queso respectivamente.

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 3.2** 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 3.2: 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

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/m³_{diesel} y 710CUP/m³_{fuel oil} para la consumida dentro del plan.

Se puede apreciar en el **Anexo 46 y 47** 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 planteamiento. 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, 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; por lo que se puede utilizar como un indicador de eficiencia energética en la empresa para el uso del diesel y fuel oil el índice de consumo de combustible expresado en m^3 por t de helados o quesos producidas.

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 de estos portadores energéticos en la **Tabla 3.3**, donde se puede observar que el consumo se mantuvo dentro de los planes.

Tabla 3.3: 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 (m^3)	Consumo anual real (m^3)	Índice Consumo Plan	Índice Consumo Real	Costo (CUP)
Helado	42,1550 Ct	133,12	128,91	$3,16\text{m}^3/\text{Ct}$	$3,06\text{m}^3/\text{Ct}$	105 706,2
Queso	1350 t	416,20	391,77	$0,0987\text{m}^3/\text{t}$	$0,0929\text{m}^3/\text{t}$	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^3 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 $391,77 \text{ m}^3$ 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 mezclados y cuajada de quesos respectivamente. La obtención, características, precio de cada uno de estos se exponen en el **Anexo 48**. El balance de los subproductos se tiene según muestra en la **Tabla 3.4**, donde la cantidad aprovechada de estos con respecto al total generada es igual en ambos casos.



Tabla 3.4: 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 49** 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 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*.

Para realizar el análisis 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 por ciento de sólidos totales, cuyas especificaciones son como mínimo de 8 para lo referido a la grasa y 30 para sólidos totales.

Con los datos tomados (ver **Anexo 50**), se demuestra que los datos siguen una distribución normal (ver **Anexo 51**) por lo que 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 los datos siguen una distribución normal se realiza una carta de control de individuos para determinar el comportamiento del por ciento de grasa y sólidos totales en el período analizado, dónde no se detecta 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 y tampoco siguen un patrón de comportamiento inusual; además se realiza el análisis de capacidad del mismo, siendo el índice de capacidad real del proceso de 1.38278 para el por ciento de grasa por lo se considera capaz de cumplir la especificación de como mínimo 8 y de 2.44695 para el por ciento de sólidos totales por lo se considera capaz de cumplir la especificación de de como mínimo 30. Los análisis anteriormente realizados se encuentran en los **Anexos 52 y 53**.

Para conocer el comportamiento de indicadores de calidad que debe cumplir el producto final de la planta de queso se selecciona para analizar el Queso Cumanayagua debido a los mismos motivos mencionados con anterioridad, que según el criterio de los expertos como



características físico-químicas más relevantes se tiene según la norma el porciento 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 54**), se demuestra que los datos siguen una distribución normal (ver **Anexo 55**) 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%.

Debido a que los datos siguen una distribución normal se realiza una carta de control de individuos para determinar el comportamiento porciento de humedad y grasa extracto seco respectivamente en el período analizado, no se ha detectado ninguna señal de que ha habido un cambio especial en el proceso de queso Cumanayagua ya que ningún valor del porciento de humedad y grasa extracto seco se encuentran fuera de los límites de control y tampoco siguen un patrón de comportamiento inusual; además se realiza el análisis de capacidad del mismo, siendo el índice de capacidad real del proceso es de 1,35744 para el porciento de humedad por lo que se considera capaz de cumplir la especificación de de como máximo 50 y de 1,0454 para porciento grasa extracto seco por lo se considera una capacidad parcialmente adecuada de cumplir la especificación de como mínimo 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 necesaria por lo que requiere de un control estricto. Los análisis anteriormente realizados se encuentran en los **Anexos 56 y 57**.

Se resumen para el helado y quesos totales en la **Tabla 3.5** 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 3.5: 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 58** se cálculo del tamaño de muestra requerida teniendo en cuenta que la varianza de la población es desconocida y el tamaño poblacional finito, siendo de 106 trabajadores y el resultado de la estratificación es 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 del programa IBM SPSS Statistics 19, se obtienen los resultados que se muestran en el **Anexo 59**, a partir del cual 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 ($\text{ha/t}_{\text{producto}}$) y Huella Hídrica ($\text{m}^3/\text{unidad de producto}$). 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.

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 60** 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 $4.46 \text{ ha/t}_{\text{helado}}$ y $92.46 \text{ ha/t}_{\text{queso}}$. 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.

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).



Cálculo de la Huella Hídrica del proceso de helado y queso

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 realiza a partir de los criterios desarrollados por Hoekstra, Chapagain, Aldaya, y Mekonnen (2010) en el “Manual de Evaluación de la Huella Hídrica” y sus resultados se muestran en el **Anexo 61**. Resultando que, el volumen de agua dulce utilizado para producir una tonelada de helado es 83.04 m^3 , mientras que para producir una tonelada de queso el volumen de agua dulce utilizado es 496.77 m^3 medida a lo largo de toda la cadena de abastecimiento.

Paso 8: Diagnóstico de los residuos a nivel de procesos

Luego de realizar el estudio de los procesos de helado y queso, se identifican mediante el recorrido por las plantas, los residuos que se generan a partir 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, que tiene como propósito conocer acerca del manejo de los residuos concebidos en dichos procesos, siendo esto necesario para evaluar las opciones disponibles en cuanto a su gestión. Estas herramientas se aplican a los trabajadores, los resultados de estas herramientas se muestran en los **Anexos 62 y 63**.

Se obtiene que los principales residuos líquidos, sólidos y emisiones atmosféricas son para el caso en estudio: agua de enjuague de las líneas, suero, agua hiladura, sacos, plástico, cubos de grasa y amoníaco. Como se puede comprobar las preguntas que son respondidas negativamente en ambas plantas están relacionadas con la señalización de los recipientes para residuos, no examinan si 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.

En la 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 64**).

Para realizar la cuantificación estimada de los residuos líquidos (ver **Anexo 65**) generados en las diferentes etapas del proceso de la planta de helado, tomando en cuenta el tiempo de operación de las unidades de proceso donde se generan los residuos mostrado en los libros de incidencia de la planta; dónde se observa que las pérdidas producto a la cantidad de residual líquido (m^3) generado 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.

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 por ciento 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.

En la planta de queso existen deficiencias que, producto a ellas se generan grandes volúmenes con cargas contaminantes de residuales líquidos, igualmente dadas por la operación de limpieza y atraso de la tecnología disponible, la cuantificación estimada de los residuos líquidos se realiza de manera similar al de la planta de helado y se muestra en el **Anexo 65**; concluyéndose donde se evidencia que el mayor importe se presenta en el agua usada para la coagulación de la leche (calentar la leche), identificando así que es oportuna la utilización de este recurso vertido en esta etapa del proceso de queso.



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 m³ 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 34 499.45CUP. 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 **Anexo 66**). En el 2012 la cantidad que se genera de esta última es 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 (DBO₅) 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 (DBO₅), 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 brindada por la Unidad de Gestión del CITMA y se encuentra en el **Anexo 67**, se le realiza al suero de leche, agua hiladura y agua de enjuague de las líneas de helado y queso con una carga de 38.32 kg DBO₅/h.

Balance de los residuos sólidos y semisólidos generados

Los residuos sólidos más significativos que se generan durante el proceso de helado y queso se muestran en el **Anexo 68**, 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.



Se puede apreciar en el anexo 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.

Con respecto a la cantidad de residuos sólidos generados en el proceso de queso se destaca 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.

Balance de las emisiones atmosféricas generadas

Una de las sustancias más utilizadas producto a las características del centro es el amoníaco (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 NH_3) para que el sistema de frío absorba su calor y lo condense a alta presión para que al 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, preense 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 el **Anexo 69** se presentan de forma resumida los resultados específicos para 100t de helado y 1t de queso.

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 70**.

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^3/t de helados o 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 existan problemas con ellos.

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 71**. Además de la observación directa en los recorridos se toman en cuenta los resultados obtenidos de las listas de chequeo, formularios y balances realizados.

3.2.2 Etapa II en la UEB Glucosa Cienfuegos

Entre la documentación revisada para recolectar la información en este caso se encuentran: el Informe de Producción Balance 2012; el Balance Energético Anual de 2012; Planes y Reales de



la Producción UEB y Empresa, 2012; Norma Proceso Tecnológico Planta Almidón NEIAL 2306.19 1999; Procedimientos de Operaciones Tecnológicas; Tareas Técnicas, entre otras.

Paso 5: Análisis de los procesos de la empresa

Según se observa en el **Anexo 72** en la empresa existen cuatro plantas donde se llevan a cabo los procesos de producción, usando el maíz como materia prima principal, siendo este procesado en la planta de almidón, de esta se obtiene el almidón y el insumo necesario para la fabricación de la glucosa (lechada de almidón sin refinar), además el producto final de esta planta es utilizado para producir la gama de productos comerciados con la marca Gydemá. Lo anterior justifica la importancia y atención que requiere dicha planta, pues según los resultados expuestos en el Informe de producción 2012, el mayor sobreconsumo de maíz se obtuvo en la producción del almidón representando el 80,47% de este concepto. Además, según el criterio de expertos esta planta genera gran cantidad de residuos líquidos y sólidos provocando un aumento en la carga contaminante y ocasionando emisiones atmosféricas de SO_2 (g). Es por ello que en la planta de almidón se centra el objeto de estudio de la presente investigación.

En el **Anexo 73** se presenta el diagrama de flujo que muestra la interrelación entre las operaciones tecnológicas para la producción del almidón, la descripción detallada de estas se puede analizar en el **Anexo 74**, para una mejor comprensión y familiarización con la planta en el **Anexo 75** se muestran un conjunto de fotos tomadas en las distintas áreas de producción.

Paso 6: Balance de masa y energía

Tomando como punto de partida el diagrama de flujo presentado anteriormente, se desarrollan los balances de masa correspondiente a las operaciones tecnológicas de la planta de almidón, teniendo como base el año 2012, considerándose lo expuesto por el Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005). Para la realización de los balances se tienen en cuenta los consumos de agua, electricidad y fuel oil, así como las materias primas (fundamentales, auxiliares y medios de envase), los subproductos y el producto final obtenido.

Se efectúan, además, los balances para los residuos líquidos, sólidos y emisiones atmosféricas de la planta objeto de estudio al igual que en la otra empresa objeto de estudio, lo que ya se ha explicado.

En el **Anexo 76** se presentan tablas donde se relacionan en detalle las entradas de materias primas y energía, así como las salidas de producto, residuos y emisiones atmosféricas en el proceso de producción de la planta de almidón y la planta de obtención del agua sulfurosa. En el **Anexo 77** se resumen los parámetros y flujos para cada etapa del proceso con los datos



obtenidos de la documentación técnica de la planta, registros del laboratorio, instrumentos de medición del proceso tecnológico, así como los resultados de mediciones hechas en el lugar. Debido a las limitaciones mencionadas, los cálculos de los consumos se realizan utilizando aproximaciones, según se describe a continuación. En el caso del agua se tienen en cuenta registros de lecturas del metro contador en días que solo trabajó la planta de glucosa y en otros que también lo hizo la planta de almidón y mediciones realizadas por Moya Monteagudo (2012) como se muestra en el **Anexo 78**, arrojando un consumo promedio de $465,15\text{m}^3/\text{día}$. Para los portadores energía eléctrica y fuel oil, se analizaron los resultados presentados en el Balance Energético Anual 2012 de la UEB Glucosa Cienfuegos donde se registran los consumos para toda la producción realizada en la empresa, determinando los consumos para la producción de almidón, relacionando estos datos con los resultados obtenidos por Chou Rodríguez (2012), García Yanes (2012) y García Zamora (2012).

Balance de agua, energía eléctrica y combustibles en la planta de almidón

Seguidamente se analiza el comportamiento del consumo de agua, energía eléctrica y fuel oil en los meses del año 2012 y la producción total obtenida en la empresa en los mismos, resumiendo los datos en el **Anexo 79**. El procesamiento estadístico se realiza con la ayuda del *software Statgraphics Centurion VX.II*.

Durante el año 2012, el comportamiento del consumo de agua en la empresa no muestra una relación proporcional con respecto a la producción, donde no se evidencia que exista una correlación lineal, por lo que se realiza un análisis de regresión para estas variables con el objetivo de corroborar esta suposición, planteando la comparación de modelos alternos en búsqueda de un modelo que ajuste adecuadamente los datos analizados (ver **Anexo 80**).

Al efectuar el análisis de regresión en todos los estudios de este tipo se prueban los supuestos que deben cumplir los residuos, resultando que los mismos se cumplen. A partir de los resultados obtenidos se determina con un nivel de confianza del 95% o mayor, que no existe una relación estadísticamente significativa entre consumo de agua y producción, lo cual puede ser originado por la conducta de derroche existente en la empresa, las malas prácticas, entre otras deficiencias que pueden analizarse con mayor profundidad en el balance de los residuos líquidos. No obstante, en la comparación de modelos alternos se encuentra que el modelo que más se ajusta con 24,56% de coeficiente de regresión es el Logaritmo de X.

En el **Anexo 81 y 82** se muestra el comportamiento del consumo de energía eléctrica y de fuel oil en la empresa con respecto a la producción respectivamente, los cuales se pueden asociar a una tendencia a la correlación lineal entre estas variables, por lo que se realiza un análisis de



regresión para corroborar esta hipótesis, dónde se determina con un nivel de confianza del 95%, que el modelo más conveniente para ajustar estas variables es el lineal; explicando así el 86,73% de la variabilidad en el consumo de energía eléctrica y el 91,17% de la variabilidad en el consumo de fuel oil con respecto a la producción. Además, se comprueban los supuestos del análisis de regresión de ambos modelos, resultando el cumplimiento de los mismos. A partir de los resultados obtenidos se puede establecer una relación lineal entre las variables estudiadas con respecto a la producción, ratificando la utilización de los índices de consumo expresados en $\text{MWh/t}_{\text{producción}}$ y $\text{t}_{\text{fuel oil}}/\text{t}_{\text{producción}}$ como un indicadores de eficiencia energética en la empresa; por lo que estos modelos resultarían útiles a la empresa para planificar sus consumos.

A continuación en la **Tabla 3.6** se analizan los consumos del agua, energía y fuel oil en la empresa y en la planta de almidón. Para ello se tiene en cuenta los siguientes precios:

- 🌱 Agua consumida dentro del plan 0,30 CUP/m³
- 🌱 Energía eléctrica 250 CUP/MW
- 🌱 Agua consumida fuera del plan 0,60 CUP/m³
- 🌱 Fuel oil 100,34 CUP/t

Tabla 3.6: Balance del consumo de agua, energía y fuel oil en la empresa y la planta de almidón. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Balance Energético Anual, 2012.

	Recurso	Índice de consumo		Consumo		Gasto (CUP)
		Plan	Real	Plan	Real	
Empresa	Agua	-	-	279000 m ³	205577 m ³	61673,1
	Energía eléctrica	0,149 MWh/t	0,137 MWh/t	2405,786 MWh	1516,28 MWh	379070,0
	Fuel oil	0,328 t/t	0,297 t/t	1660,729 t	765,3637 t	76796,6
Planta Almidón	Agua	-	83,0 m ³ /t _{almidón}	-	108845,1 m ³	32653,53
	Energía eléctrica	0,475 MWh/t _{almidón}	0,137 MWh/t _{almidón}	822,09 MWh	179,426 MWh	44856,50
	Fuel oil	0,328 t/t _{almidón}	0,297 t/t _{almidón}	567,49 t	399,927 t	40128,70

Como puede observarse en la **Tabla 3.6** el consumo de estos recursos se comporta según lo planificado, siendo esto un importante logro para la empresa, tanto para la mejora de su imagen ambiental al consumir menor cantidad de recursos como para su economía ya que se tuvieron gastos por este concepto de 517539,7 CUP cuando se esperaba que fueran de 851784,1 CUP reportando un ahorro de 334244,4 CUP. De igual forma puede verse la inexistencia de un consumo de agua planificado ni índice del mismo, aportando esto que haya un mayor descontrol del recurso en la empresa.



Se debe aclarar que según el criterio del energético de la empresa el consumo de energía eléctrica real fue de 1364,652 MWh para los niveles de actividad productiva (teniendo en cuenta esta cifra se realizan los análisis posteriores), ya que en la cifra total se incluyen 151,628 MWh del consumo indirecto que representan el 10% aproximadamente, de las áreas de servicios y administrativas en la UEB.

Analizando los resultados obtenidos para la producción de almidón y comparándolos con los de la empresa, se tiene que el consumo de agua en la producción de almidón representa el 52,95% del total consumida en la empresa, la energía eléctrica el 13,15% y el fuel oil el 52,25%. Evidenciando las mayores problemáticas con el consumo de agua al ser la mayor parte de la producción desarrollada por la vía húmeda.

No obstante al comparar el índice de consumo en la empresa ($34,58 \text{ m}^3$ de agua/ $t_{\text{maíz}}$) con el establecido por González López (2010) en el Manual de Buenas Prácticas para la Industria Agroalimenticia para esta actividad productiva ($5,76 \text{ m}^3$ de agua/ $t_{\text{maíz}}$) el consumo de agua en la empresa representa 6 veces lo establecido; también se evidencia que el portador fuel oil presenta un elevado consumo en la planta estudiada al existir varias operaciones tecnológicas que requieren del mismo, entre otras causas que elevan el consumo. Siendo el criterio de los expertos y de la autora de la presente investigación que existen potencialidades de ahorro para estos recursos.

Balance de materias primas en la planta de almidón

El balance del consumo de las materias primas se muestra en los **Anexos 83 y 84**, teniendo en cuenta solamente la producción de almidón y las materias primas utilizadas para llevar a cabo la misma. El análisis se realiza considerando que la cantidad de maíz recepcionada fue de 5 032,57 t procesando para todas las producciones, según el Informe de producción Balance (2012), 4 397,0324 t del cual fue destinado para la producción de almidón 3 261,8163 t trasladando el resto para la producción de glucosa.

En la **Tabla 3.7** puede observarse que el consumo de maíz está por encima de lo planificado en un 11,7% debido principalmente a: problemas con la calidad del mismo; pérdidas provocadas por averías imprevistas de equipos y fallos eléctricos causando que toda la materia en proceso se vierta a residuales; además influyen en el sobreconsumo los problemas tecnológicos u operacionales existentes en la planta.

Además, se observa un aumento en el consumo de azufre de un 5,8% y causado por: la variedad de maíz procesado, la rotura en la Torre de Absorción 2 permitiendo escape de gases



a la atmósfera, reincorporación de agua sulfurosa a los tanques de maceración por bajo nivel en los mismos (válvulas defectuosas).

Tabla 3.7: Balance del consumo de materias primas para la producción de almidón. **Fuente:** Elaboración propia a partir del Informe de producción, Balance 2012.

Variable de estudio	Producción de almidón (t)		Índice de consumo plan	Índice de consumo real	Consumo real	Diferencia
Maíz limpio	1311,355		2,23 (t/t _{almidón})	2,49 (t/t _{almidón})	3261,8163 t	+337,4947 t
Azufre			4,0 (kg _{azufre} /t _{maíz})	4,23 (kg _{azufre} /t _{maíz})	5 547,03 kg	+301,6128 kg
Sacos valvulados	1311,355	1077,826	57 (u/t _{almidón})	58 (u/t _{almidón})	62 228 u	+792 u
		233,529	51 (u/t _{almidón})	49 (u/t _{almidón})	1 255 u	-555 u

Para analizar el consumo de los sacos, es necesario tener en cuenta dos normas de consumo diferentes: una para el período de enero hasta octubre de 57 u/t_{almidón} y otra a partir de noviembre con nuevas fichas de costo, precios, formato y capacidad de los sacos, con una norma de 51 u/t_{almidón}. Mostrándose que con la primera norma se consumen 792 sacos por encima de lo normado debido a que la máquina de empaque suministraba menos peso a cada saco, promediando 16 kg.

En este período (desde enero hasta octubre) la máquina de empaque confrontó gran inestabilidad en el peso final, siendo intervenida en varias ocasiones por personal facultado de ZETI Villa Clara. Mientras que con el nuevo formato el peso de los sacos varía de 21 a 22 kg consumiendo menor cantidad que la normada. Se puede concluir entonces que se consumieron un total de 73 583 sacos teniendo en cuenta ambas normas de consumo.

Balance de subproductos de la planta de almidón

En el proceso de producción de almidón se obtienen como subproductos el germen y forraje, utilizados en parte para la elaboración del pienso para alimento animal. En la **Tabla 3.8** se muestra el balance de estos, donde su producción real se ha mantenido relativamente igual con respecto al año anterior; el cálculo de los balances de estos subproductos se presenta en el **Anexo 85 y 86** respectivamente para el germen y el forraje.

De lo expuesto en estos anexos se puede concluir que, en las operaciones encargadas de la obtención de estos subproductos no existen pérdidas de agua de proceso (corriente de salida) ya que estas se recopilan en el tanque colector 110-05 para su posterior recirculación en el proceso de producción; siendo operaciones que trabajan en un ciclo cerrado.



Tabla 3.8: Producción de subproductos. **Fuente:** Informe de producción, Balance 2012.

Subproducto	U/M	Plan	Real	Valor CUP	Real Año 2011
Germen	t	53,02	172,50	70 067,689	122,728
Forraje	t	0,00	406,19	162 132,079	495,300

Otro subproducto que se obtiene es el gluten, el cual antiguamente se concentraba y se vendía como alimento animal, pero al encontrarse fuera de servicio la maquina centrífuga que concentra esta proteína, la misma pasa íntegramente a la planta de residuales.

Balance del producto final de la planta de almidón

El almidón de maíz constituye la salida principal de la planta estudiada, el cual debe cumplir las especificaciones de calidad que se muestran en el **Anexo 87**. Según el criterio de los expertos y especialistas de calidad de las características físico-químicas más relevantes a cumplir están: el porcentaje de proteínas y la concentración de SO₂, con especificaciones de como máximo 0,8% para la primera y 70ppm para la otra.

Para verificar el cumplimiento de estas se toman aleatoriamente 46 registros de valores de las proteínas y 54 de SO₂ medidos en el laboratorio de la empresa en distintos meses del año 2012. Con los datos tomados (ver **Anexo 88**), se demuestra que para el porcentaje de proteínas y concentración de SO₂ los datos siguen una distribución normal (ver **Anexo 89**), por lo que se realiza una carta de control de individuos para determinar el comportamiento del porcentaje de proteínas (ver **Anexo 90**), resultando que un punto se encuentra fuera de los límites de control y 16 siguen un patrón de comportamiento que no le dan aleatoriedad al proceso, el cual según Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar (2007) se puede confirmar que es falta de variabilidad (estatificación) por lo que se puede afirmar que el proceso está fuera de control estadístico o muy inestable con un índice de inestabilidad de 4.35% y un nivel de confianza del 95%.

En el **Anexo 91** se presenta el gráfico de control de SO₂ (ppm) y según se observa en cinco valores de concentración de SO₂ se encuentran fuera de los límites de control y 28 siguen patrones no aleatorios de comportamiento que según Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar (2007) se puede confirmar que es falta de variabilidad y desplazamiento o cambios en el nivel del proceso. Es por ello que se puede afirmar que el proceso está fuera de control estadístico o muy inestable con un índice de inestabilidad de 37.04% y un nivel de confianza del 95%.

Debido a que se cumplen los supuestos de que los datos de las especificaciones de calidad del almidón se distribuyen normalmente, el proceso es inestable para ambas especificaciones y se conoce la desviación, se realiza el análisis de capacidad del mismo, siendo el índice de capacidad real del proceso de 1,11418 para el porcentaje de proteína por lo se considera una capacidad parcialmente adecuada de cumplir la especificación de como mínimo 0,8 y de



1,84287 para la concentración de SO_2 por lo se considera capaz de cumplir la especificación de de como mínimo 70.

Por ello según el criterio de Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar (2007) se puede afirmar que en el caso del porciento de proteínas el proceso es de tipo D, es decir, incapaz e inestable; mientras que en el caso de la concentración de SO_2 el proceso es de tipo B, es decir, capaz e inestable.

La inestabilidad es provocada por la existencia de causas asignables de variación, significando que el proceso no sea predecible en el futuro inmediato ya que en cualquier momento pueden ocurrir esas situaciones especiales. Se hace necesario entonces, determinar cuáles son las causas que provocan la inestabilidad, para ello se realiza una tormenta de ideas con el equipo de expertos.

Para detectar cuáles de estos aspectos son los más críticos y requieren una mayor atención se aplica la herramienta Análisis de Modos y Efectos de Fallos (ver **Anexo 92**) con la cual se establece un orden de prioridad a dichos aspectos, detectándose que los fallos fundamentales son (en orden descendente): deterioro de la tecnología; carencia de nuevas tecnologías; equipos fuera de servicio y variabilidad en el tipo de maíz.

Los indicadores productivos para el almidón se resumen en la **Tabla 3.9**, donde se evidencia que la producción real en el año 2012 sobrecumple el plan en un 27,9% y de igual forma es mayor que la alcanzada en el año anterior superándola en 263,645 t.

Tabla 3.9: Producción de almidón. **Fuente:** Informe de producción, Balance 2012.

Producto	U/M	Plan	Real	Valor CUP	Real Año 2011
Almidón 20 kg	t	1025,27	1311,355	2 467 838,975	1047,71

Con el objetivo de conocer el manejo que reciben las materias primas, auxiliares y materiales para la producción, se aplica la lista de chequeo correspondiente a los 36 trabajadores que laboran en la planta de almidón, de los cuales cuatro son especialistas y tecnólogos.

Para el procesamiento de los datos se utiliza el *software IBM SPSS Statistics* versión 19, los resultados se muestran en el **Anexo 93**, dónde se puede apreciar que los mayores problemas se encuentran en: que no se documentan por escrito el tipo, la cantidad, la calidad y el costo de las materias primas que se utilizan en la producción, y que no se realiza mantenimiento preventivo a las máquinas y herramientas.

De forma concluyente puede decirse que la empresa no presenta una situación grave en lo que respecta al manejo de sus materias primas y materiales; aunque un aspecto importante obtenido en el intercambio con los operadores y trabajadores de la planta es que no se realiza



una reparación adecuada en ella desde el 2009, ni un mantenimiento con todas las condiciones requeridas, criterio que dejaron ver con la aplicación de la lista de chequeo. Mostrando la necesidad de mejorar esta problemática para disminuir la ocurrencia de averías imprevistas, las que causan grandes pérdidas de materias primas.

Paso 7: Aplicación de indicadores de desarrollo sostenible

Cálculo de la Huella Ecológica Corporativa del proceso de producción de almidón

El alcance del estudio, los límites geográficos y temporales, además de cada una de las entradas y salidas analizadas anteriormente serán las bases para el cálculo de la Huella Ecológica Corporativa de la producción de almidón, resulta ineludible y concluyente el cálculo de la misma ya que este es un indicador de sostenibilidad del proceso.

La huella es representativa de 1 t_{almidón} y responde a la sumatoria de cada una de la sub-huellas bases, en el caso del almidón las sub-huellas fueron: Energía, Insumos, Superficie Construida y Gastos Indirectos. En el **Anexo 94** se exponen los cálculos correspondientes y los resultados finales, que se realizaron a partir 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) detallados en el capítulo anterior.

A partir de este análisis, se concluye que se necesitan aproximadamente 32,90 ha de tierra productiva para la producción de 1 t_{almidón} y de forma estratificada la sub-huella Insumos es la que mayor impacta la huella total con el 90,49% siendo provocada de forma estratificada por el insumo maíz el cual necesita 28,482 ha de tierra (huella). Resulta lógico este mayor impacto del maíz en la huella ya que en la producción de almidón es la materia prima principal y con elevados consumos, lo que es necesario alcanzar que sólo se use la cantidad necesaria y no ocurran pérdidas ni sobreconsumo del mismo.

Cálculo de la Huella Hídrica del proceso de producción de almidón

La huella hídrica representa un importante indicador de sostenibilidad del proceso de producción, la misma comprende solamente las extracciones de aguas industriales y domésticas las cuales contribuyen a las aguas grises (residuales) mientras que las azules son aquellas de uso industrial que no se contaminan pero no regresan a las capacidades hídricas. En el **Anexo 95** se muestran los cálculos realizados sobre la base de lo descrito por Hoekstra *et al.* (2010) en el “Manual de Evaluación de la Huella Hídrica”. Resultando que el 84,74% de la huella está formado por el agua limpia (462,065 m³) necesaria para diluir los contaminantes liberados en la producción de 1 t_{almidón}, y el por ciento restante lo representa el agua no



contaminada (83 m^3) que demanda dicha producción; por lo que de forma general para la producción de $1 \text{ t}_{\text{almidón}}$ se requieren aproximadamente $545,065 \text{ m}^3$ de agua; al respecto la opinión de la autora y de los expertos es que existen oportunidades de ahorro del recurso.

Paso 8: Diagnóstico de residuos a nivel de procesos

En el **Anexo 96** se recoge la información necesaria de los residuos mediante la aplicación de los formularios correspondientes, donde se identifican sus propiedades particulares, tratamiento actual, entre otros elementos que caracterizan a los mismos.

Con el objetivo de analizar el manejo que reciben los residuos en la planta, se aplica la lista de chequeo correspondiente, lo anterior se lleva a cabo con el mismo proceder que en la lista de chequeo de materia primas y materiales.

Los resultados se muestran en el **Anexo 97**, concluyéndose que la mayor parte de las interrogantes tienen altos porcentajes de sus respuestas **Negativas**, en especial las que se relacionan con: el conocimiento de las fuentes y lugares que generan residuos en el proceso; la posibilidad de evitar mezclar los residuos; la señalización de los recipientes para residuos; el examen de la posible reutilización de los residuos, la consideración de formas diferentes para el tratamiento de los residuales. Se evidencia el **inadecuado manejo** de los residuos en la empresa, siendo necesario proponer mejoras encaminadas a incentivar la mejora de este aspecto.

Balance de los residuos líquidos generados en la planta de almidón

En su mayoría, las operaciones de la planta fueron diseñadas para recuperar todos los residuales líquidos generados en la producción cerrando así el ciclo productivo. No obstante, en el recorrido por la planta se pudo apreciar que dicho ciclo presenta deficiencias pues genera una elevada cantidad de residual líquido, entre los más significativos se encuentran: el licor de remojo obtenido en la etapa de maceración, el agua que cae en cascada para refrescar el quemador, el agua que se pierde del tanque colector 010-05, la suspensión acuosa de gluten que se obtiene posterior a la separación primaria, la lechada de almidón derramada y el agua para la limpieza (ver **Anexo 98**). La totalidad de estos residuos pasan a la planta de tratamiento de residuales ofreciendo mayor DBO_5 , turbulencia y agresividad a los mismos.

En el **Anexo 99** se presenta el balance que determina la cantidad de licor de remojo y suspensión acuosa de gluten dejada de concentrar y en base a estos resultados y los mencionados anteriormente en el **Anexo 100** se muestra la cuantificación aproximada de residuos generados en el año 2012 y las pérdidas asociadas al no ser aprovechados. Se aclara



que las pérdidas por licor de remojo y suspensión de gluten se determinan por la no concentración de los mismos ya que de esta forma era que se comercializaban en años anteriores.

Los precios a tener en cuenta son: el agua 0,30 CUP/m³, licor de remojo 529,99 CUP/t, gluten 200,10 CUP/t y lechada de almidón 515,241 CUP/t. Resultando, que en el año 2012 se generaron aproximadamente 35 609,53 m³ de residuos líquidos a razón de 27,153 m³/t_{amidón}, teniendo pérdidas totales por concepto de agua y residuos de alrededor 48746,3CUP.

Posterior al análisis se demuestra la conducta de derroche en la empresa, así como las pérdidas de subproductos con grandes oportunidades de aprovechamiento como el gluten, el cual representa el 86,9% de la generación de residuos.

Por otro lado son preocupantes las pérdidas que se tienen de agua, ya que teniendo en cuenta el balance realizado, el licor de remojo y la suspensión acuosa de gluten tienen en su contenido 23969 m³ de agua los cuales son desperdiciados. Lo que significa que en la producción de almidón se vierten anualmente 27818,71 m³ de agua representando el 13,5% del total consumida en la empresa, el 25,5% de la consumida en la planta y el 78,24% de los residuales líquidos generados en ella.

El análisis anterior sumado a las deficiencias de la tecnología permite concluir que se consumen y despilfarran grandes volúmenes agua siendo este uno de los principales problemas ambientales de la empresa, haciendo evidente el potencial de ahorro del recurso.

Cálculo del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) para el vertimiento de residuales líquidos

En este apartado se realiza el cálculo de uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta para el vertimiento de residuales líquidos, el DBO₅, siendo esta la carga contaminante que aportan los residuales a la planta de tratamiento de la empresa y en dependencia de la eficiencia de la misma será la cuantía de DBO₅ dispuesta al cuerpo receptor; se analizan los residuales: licor de remojo, suspensión acuosa de gluten y lechada de almidón, pues estos tienen concentraciones de compuestos orgánicos.

A partir de la “Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante” proporcionada por la Unidad de Gestión del CITMA y utilizada para monitorear el parámetro DBO₅ en los residuales de las empresas; se calcula el parámetro DBO₅, siendo sus resultados finales los que se exponen en el **Anexo 101**.



De forma concluyente se tiene que estos residuales provocan un impacto negativo al medioambiente (sin tener en cuenta la eficiencia de la planta de tratamiento de residuales) con una generación de 167 034,4 kg DBO₅/año.

Balance de los residuos sólidos generados en la planta de almidón

Entre los residuos sólidos más importantes generados en la planta se tienen: el azufre sólido derramado, el maíz derramado en las operaciones de limpieza, maíz con granos partidos obtenidos de las operaciones de limpieza, la barredura de almidón generada en el empaque. Los residuos de maíz son aprovechados en la producción de pienso para el consumo animal; sin embargo el azufre que se derrama en el área se mezcla con el agua que cae para refrescar el quemador y se vierte a residuales. Provocando de esta forma mayor contaminación de los mismos, el aumento de la DBO₅, turbulencia y agresividad, y por consiguiente genera mayor carga de trabajo a la planta encargada de su tratamiento.

En el **Anexo 102** se muestra la cuantificación de los principales residuos sólidos generados en la planta en el año 2012, la cantidad que se genera por tonelada de almidón producido, así como el valor o costo monetario que estos tienen y la cuantía que es aprovechada y la que no recibe reutilización alguna.

Resultando que se generaron aproximadamente 272 160,34 kg de residuos que se aprovechan para el consumo animal, representando una entrada de 181 065,7 CUP. Además se tiene un detrimento de 120,75 kg de azufre generando una pérdida de 54,1 CUP, siendo pequeño el impacto económico que este provoca a la empresa pero un significativo impacto ambiental.

Las características que debe tener el maíz según la Norma NEIAL 2306.19 del año 1999 y los precios a tener en cuenta son:

 Impurezas 2,5 % máximo	 Precio del azufre 448 CUP/t
 Maíz partido 6 %	 Precio de la barredura de almidón 596,4 CUP/t
 Precio del maíz 344,485 CUP/t	

Las pérdidas de azufre se deben fundamentalmente a las malas prácticas operativas ya que el suministro al quemador se realiza manualmente por el operario que labora en la planta, sin un pesaje adecuado para determinar la cantidad de azufre que se debe suministrar para obtener la concentración necesaria en el proceso productivo. Además, es necesario aclarar que el maíz derramado y con granos partidos es almacenado en un silo y posteriormente enviado a la planta de pienso de la entidad para la producción del mismo; mostrándose los resultados alcanzados en la **Tabla 3.10**.



Teniendo un total de 525,6 t destinadas para producir pienso, de las cuales 372,523 t se consumieron realmente, lo que se debe a la caída en el año de los silos de maíz y gran cantidad del grano tuvo que ser vendido para no incurrir en mayores pérdidas, también afectó la producción la falta de materias primas como torula, pre-mezcla y fosfato.

Tabla 3.10: Producción de mezcla proteica (pienso). **Fuente:** Informe de producción, 2012.

Producto	U/M	Plan	Real	Cumplimiento (%)	Real Año anterior
Mezcla proteica	t	1124,01	863,36	76,81	961,94

Además, de los porcentajes de impurezas y granos partidos según las características de del maíz, se tienen las impurezas como desechos pues no tienen utilidad alguna y están compuestas por tusas, palos, piedras, granos muertos y dañados por calor. Siendo estas desechadas al microvertedero donde la empresa dispone sus desechos sólidos obteniéndose en el año 2012 6,931 t a un costo de 2387,63 CUP.

Balance de las emisiones atmosféricas generadas en la planta de almidón

Uno de los problemas ambientales fundamentales de la UEB Glucosa está dado por las emisiones atmosféricas y varias de las fuentes generadoras de dicho problema se encuentran en la planta estudiada.

Una de las fuentes de emisiones se encuentra en el quemador de azufre que por problemas tecnológicos libera a la atmósfera y al área de trabajo un gas altamente contaminante como el SO₂ (g). Estos vapores se encuentran diseminados por toda el área provocando tos, asfixia, y congestión bronquial a las personas que laboran en ella, así como el impacto ambiental que provoca al ser el principal causante de las lluvias ácidas.

Se debe explicar que estos valores son determinados por segunda vez al ser una necesidad de la empresa para realizar análisis comparativos de esta problemática, solamente existiendo hasta el momento como datos históricos los valores del año anterior medidos por Chou Rodríguez (2012). En la **Tabla 3.11** se resume la cuantía de las emisiones atmosféricas generadas en la planta de almidón para el año 2011 y 2012.

Tabla 3.11: Balance de las emisiones de SO₂ (g) generadas en la planta de almidón en el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia.

Año	Maíz a macerar (kg)	Cantidad (kg SO ₂ (g))	Índice (kg SO ₂ (g)/t _{almidón})
2011	3 210 446,0	25 678,568	11,80
2012	3 261 816,3	26 089,500	14,92



Otra de las fuentes emisoras es el secador de almidón ya que se encuentra fuera de servicio el equipo encargado de eliminar el polvo fino que emana a la atmósfera, pero por el momento no se puede cuantificar esta emisión. Además otra de las afectaciones se determina por las emanaciones de malos olores, originadas por el insuficiente tratamiento de las aguas residuales, y la elevada presencia de materia en el agua orgánica que produce un agotamiento del oxígeno disuelto y reduce los sulfatos produciendo sulfuros que provocan un olor desagradable en la zona afectada a la entrada de la ciudad de Cienfuegos y las aledañas a la entidad.

Según se observa existe un aumento de las emisiones con respecto al 2011 en 410,9 kg de SO_2 (g) representando un 1,6%. Esto es debido a que según el balance realizado por Chou Rodríguez (2012) los kg de SO_2 (g) son directamente proporcionales con los kg de maíz a macerar. No obstante, cuando exista una mayor cantidad de mediciones se pueden llevar a cabo análisis con mayor profundidad acerca del comportamiento de las emisiones; además, resulta relevante considerar opciones sostenibles de producción que mejoren la situación existente.

De forma concluyente en el **Anexo 103** se presenta un esquema que resume todos los balances analizados anteriormente, mostrando las entradas de materias primas, materiales, agua y energía; así como salidas de productos y subproductos, residuos líquidos y sólidos, además de las emisiones atmosféricas; lo anterior es representativo de la producción 1 t de almidón.

Posterior a la elaboración de los balances correspondientes con el estudio del consumo de agua, energía eléctrica, fuel oil, materias primas y materiales, además de otros análisis que fueron pertinentes realizar; se puede concluir que la UEB Glucosa Cienfuegos presenta en la actualidad un sistema industrial de producción de tipo lineal (Tipo I), el cual se refiere a las empresas que requieren de un alto rendimiento de energía y materiales para funcionar, y muestran la poca reutilización de recursos. Es un sistema de flujo continuo (materia prima-proceso-consumidor-desechos) con primitivos controles de contaminación al “final del tubo”.

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

En el **Anexo 104** se presenta un resumen con toda la información recopilada para el posible aprovechamiento de los residuos identificados, para ello se hicieron búsquedas de información por diferentes vías, tal como: consulta al personal con conocimientos y revisiones bibliográficas. El aprovechamiento de los residuos puede llevarse a cabo de forma interna en la propia



empresa en su sistema productivo, así como externamente con otras empresas o terceros, de forma tal que se incentive la creación de sinergias.

Paso 10: Problemas detectados durante la investigación

El inventario de malas prácticas, indisciplinas tecnológicas, problemas ambientales, entre otras deficiencias se adquieren a partir los resultados obtenidos en la implementación del procedimiento y las correspondientes técnicas y herramientas aplicadas, ello se resume en el **Anexo 105**.

3.3 Implementación de la Etapa III del procedimiento propuesto: Acciones para la mejora de la Ecología Industrial

En esta etapa se proponen un conjunto de acciones de mejora enfocadas a 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, promover las buenas prácticas y las producciones más limpias. 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 implementación del procedimiento, que permiten definir los problemas en las plantas de helado, queso y almidón, se proponen un conjunto de oportunidades de mejora/ahorro, las cuales influyen positivamente en los indicadores de desarrollo sostenible y fueron obtenidas posterior a sesiones con los expertos, tormentas de ideas y búsquedas bibliográficas; acciones que deben ser tomadas 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 106** se muestran dichas propuestas para la Empresa de Productos Lácteos Escambray y en el **Anexo 107** para la UEB Glucosa Cienfuegos; a su vez en el **Anexo 108** se brindan elementos que complementan algunas de estas propuestas y se recomiendan acciones para llevar a cabo un “Plan de Monitoreo de la Carga Contaminante”, el cual recoge también el responsable de acometer las mismas.



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 109** para la Empresa de Productos Lácteos Escambray y en el **Anexo 110** para la UEB Glucosa Cienfuegos.

Los resultados de la votación se encuentran en el anexo antes citado, donde se demuestra que hay concordancia entre el criterio de los expertos para ambos casos, 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 111** para la Empresa de Productos Lácteos Escambray y en el **Anexo 112** para la UEB Glucosa Cienfuegos se muestran las evaluaciones de las opciones de mejoras teniendo en cuenta los aspectos técnicos, económicos, y ambientales; resultando que estas mejoras tienen en la 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 la máxima 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. Se plantan en el **Anexo 113** un conjunto de sugerencias a tener en cuenta a la hora de la implantación. 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.

A partir de la implantación de dichas acciones en la Empresa de Productos Lácteos Escambray se contribuirá a disminuir el impacto ambiental y se obtendría un beneficio económico de 196 007.63 CUP al ahorrar fundamentalmente 101 989.23 m³ 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 m³).

Con la implantación de estas acciones se podría lograr una mitigación del impacto ambiental para la UEB Glucosa Cienfuegos con la disminución del consumo de 9 628,63 m³/año de agua, 119,24 MWh/año de energía eléctrica, 96,643 t/año de fuel oil y la recuperación de 253 688,316 kg de maíz; mejorando así los indicadores de desarrollo sostenible Huella Ecológica Corporativa e Hídrica e implicando una reducción en el impacto económico de 238 286,45 CUP. También se recuperarían 31 763,37 m³ de residuos líquidos que aportarían ingresos de 118 726,57 CUP y repercutirían en el deterioro del vertimiento de carga contaminante (DBO₅), de la cual estos residuales generan anualmente 167 034,4 kg.

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 114**). Se vuelve a efectuar el cálculo de los indicadores de desarrollo sostenible, así como del parámetro DBO₅ 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.

El monitoreo de los resultados consiste en recalcular los indicadores de sostenibilidad: Huella Ecológica Corporativa e Hídrica para corroborar la mejora de los mismos; así como el parámetro para el vertimiento de residuales líquidos (DBO₅) lo cual puede realizarse con el apoyo del “Plan de Monitoreo de la Carga Contaminante” propuesto en la presente investigación; además controlar el comportamiento de los índices de generación de residuos sólidos, líquidos y las emisiones atmosféricas. Este monitoreo debe realizarse luego de implantadas las acciones de mejora propuestas y continuar el mismo con periodicidad.

3.4 Conclusiones parciales del Capítulo III

1. Se evidencia que la Empresa de Productos Lácteos Escambray ocupa la primera posición seguida por la UEB Glucosa Cienfuegos que generan y disponen mayor DBO₅ a la cuencas Bahía y Arimao, de organismos pertenecientes al MINAL, 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 en la plantas de helado y queso, muestra que las normas de consumo de la empresa se cumplen, sin embargo en la producción de almidón se identifica un sobreconsumo de maíz de un 11,7%, además, se manifiesta también que el azufre se consume en un 5,8% por encima de lo planificado quedando claro que existen grandes potencialidades de ahorro de estos insumos.

3. Se manifiesta a partir del balance del consumo de agua que en las empresas objeto de estudio no hay correspondencia entre la producción y el consumo de este recurso correspondencia entre este y la producción; y 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 demuestra a partir del balance de energía eléctrica y fuel oil que existe correspondencia entre el consumo de estos y la producción, cumpliéndose con lo planificado, no obstante se identifican oportunidades de ahorro de estos 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. En el caso de la producción de almidón, el proceso se encuentra fuera de control estadístico, incidiendo como causas principales el deterioro de la tecnología; la carencia de nuevas tecnologías; equipos fuera de servicio y la variabilidad en el tipo de maíz.

6. Los resultados de las listas de chequeo aplicadas a los trabajadores en relación con las materias primas demuestran que en ninguna de las plantas existen grandes problemas con lo referido al manejo y utilización eficiente de los materiales, aunque la principal deficiencia es la no realización de mantenimientos preventivos a las máquinas y herramientas.

7. El cálculo de la Huella Ecológica Corporativa de la producción de helado, queso y almidón proyecta que la sub-huella insumos es el de mayor impacto sobre la huella total y de manera estratificada el uso de lácteos y el maíz. En el caso de la Huella Hídrica, representa el mayor porcentaje las aguas grises con valores superiores al 75% para cada objeto de estudio.

8. El análisis de residuos líquidos en los procesos objetos de estudio tiene como resultado que se derrama residual producto a las malas prácticas, deficiencias, deterioros e indisciplinas



tecnológicas. En el balance de residuos sólidos se mostró que aunque existe un plan de recuperación de materias primas, el mismo no es totalmente eficiente ya que a través de la lista de chequeo y formularios se evidencia que se mezclan los residuos por lo que se hace necesaria la ejecución de un plan de reducción en el origen de los mismos, los cuales se originan principalmente por las deficiencias tecnológicas y las malas prácticas operativas.

9. De las principales emisiones atmosféricas que se producen en la planta de helado y queso la mayor dificultad se encuentra en que actualmente la empresa producto a los salideros, se emitieron a la atmósfera 14 t en el 2012 siendo el porcentaje que se debe reponer anualmente de 4 t. Mientras que por tonelada de almidón producido se emiten 14,92 kg SO₂ (g), no obstante, se vierten indebidamente a la planta de tratamiento, la cual al ser ineficiente dispone sus aguas residuales con elevada carga contaminante y olores desagradables.

10. Se proponen un total 43 acciones de mejora para la empresa de productos Lácteos y 84 para la UEB Glucosa Cienfuegos, basado en los principios de la Ecología Industrial, las que son evaluadas por el conjunto de expertos para identificar aquellas que requieran atención inmediata, identificándose 8 y 11 respectivamente; resultando estas factibles técnica, ambiental y económicamente excepto 3 de la segunda empresa objeto de estudio.

11. A partir de la implantación de las 8 acciones propuestas en la Empresa de Productos Lácteos Escambray se contribuirá a disminuir el impacto ambiental y se obtendría un beneficio económico de 196 007.63 CUP al ahorrar fundamentalmente 101 989.23 m³ 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 m³).

12. Con la implantación de las 8 acciones propuestas en la UEB Glucosa Cienfuegos se podría lograr una mitigación del impacto ambiental para la UEB Glucosa Cienfuegos con la disminución del consumo de 9 628,63 m³/año de agua, 119,24 MWh/año de energía eléctrica, 96,643 t/año de fuel oil y la recuperación de 253 688,316 kg de maíz; e implicando una reducción en el impacto económico de 238 286,45 CUP. También se recuperarían 31 763,37 m³ de residuos líquidos que aportarían ingresos de 118 726,57 CUP y repercutirían en el deterioro del vertimiento de carga contaminante (DBO₅), de la cual estos residuales generan anualmente 167 034,4 kg.



Conclusiones Generales



CONCLUSIONES GENERALES

Al término de la investigación se concluye que:

1. La Ecología Industrial es una herramienta, dentro de las prácticas de ecoeficiencia, que se debe aplicar en empresas de productos y servicios para disminuir la contaminación ambiental mediante el aprovechamiento óptimo de las materias primas, agua, portadores energéticos y residuos, dentro y fuera de la organización. Las organizaciones en Cuba carecen de orientaciones precisas para adoptar este enfoque, lo que se corrobora a partir de la revisión de la literatura existente sobre el tema.

2. El procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial que se diseña tiene un total de tres etapas y catorce pasos, además incluye herramientas, técnicas y el empleo de Software para la recopilación y procesamiento de información. El mismo se verifica con los expertos en cuanto a su pertinencia y muestra ventajas que tributan al logro de un desarrollo productivo sostenible.

3. El procedimiento se implementa en la Empresa de Productos Lácteos Escambray y en la UEB Glucosa Cienfuegos en que se demuestra la necesidad de aplicar programas de Ecología Industrial para mejorar la situación existente, se analizan así la planta de helado y queso, y la planta de almidón, respectivamente. En cada una de estas plantas se realizan valoraciones que permiten detectar alternativas para la mejora considerando contaminantes líquidos, sólidos y atmosféricos.

4. En la investigación se propone un total de 43 acciones de mejora para la Empresa de Productos Lácteos y 84 para la UEB Glucosa Cienfuegos, de estas se demuestra que 8 y 11 requieren atención inmediata y sólo 3 no son factibles técnica, ambiental y económicamente para el segundo objeto de estudio, todo ello considerando las posibilidades para enfrentar el cambio en las mismas; su puesta en práctica contribuye a disminuir los impactos ambientales y obtener beneficios económicos en las dos organizaciones.



Recomendaciones



RECOMENDACIONES

Se recomienda:

1. Presentar la investigación a la dirección de las empresas objetos de estudio, 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 el estudio de Ecología Industrial al resto de las plantas de las empresas objetos de estudio, 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 analizados 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. Posterior a la implantación de las acciones de mejora propuestas realizar el monitoreo de los resultados mediante el cálculo de los indicadores de desarrollo sostenible, el parámetro para el control del vertimiento de residuales (DBO_5) y controlar los índices de generación de residuos sólidos, líquidos y las emisiones atmosféricas.
5. Por el nivel de integración que adquiere la investigación con el empleo de un importante número de herramientas y técnicas, así como el apoyo en software que se utilizan regularmente en la carrera, se recomienda tomarla como referencia en un caso de estudio y analizarlo en asignaturas relacionadas con la temática desarrollada.



Bibliografía



BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro Sanes, Eloy. (2009). El Suero de Leche y sus Aplicaciones en los Alimentos. Recuperado a partir de <http://www.alimiologia.com>
- Alvarado, R. A. (2009). *Cooperación entre Firms 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, E., & Santa Maria-Amurrio, M. (2011). *Diagnóstico de la gestión de residuos industriales no peligrosos en el área de Calamocha (Teruel)* (págs. 13-25). Aragón.
- Allenby, B.R., & National Academy of Engineering. (1994). *The greening of industrial ecosystems*. (Deanna J. Richards, Ed.). National Academies.
- 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, & Ayres L. (2002). A Handbook of Industrial Ecology. MPG books, UK.
- 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.
- 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 Martínez, A. (2001). El gluten feed de maíz en el engorde vacuno en feedlot. Recuperado a partir de
- 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, N. (2012). Beneficios de la Ecología Industrial. Recuperado a partir de www.nachobernabeu.com
- Bernabeu, Nacho. (2012). Ejemplos de aplicación de la Ecología Industrial. Recuperado a partir de www.nachobernabeu.com



- Bey, Christoph. (2001). Quo Vadis Industrial Ecology? *Huddersfield University Business School*, 29, 35-42.
- Blog EcoinTELigencia. (2004, Enero 4). La Ecología Industrial imita a la Naturaleza. Recuperado Enero 4, 2004, a partir de <http://www.ecointeligencia.com/2010/11/la-ecologia-industrial-imita-a-la-naturaleza/>
- Blog EcoinTELigencia. (2012). Kalundborg, ejemplo de industria ecointeligente. Recuperado Enero 4, 2004, a partir de <http://www.ecointeligencia.com/2012/04/kalundborg-ecologia-industrial-ecoinTELigente/>
- 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.
- Carpintero, Óscar, & Naredo, José M. (2003). La Ecología Industrial. *Economía Industrial*, (No. 351), 10-14.
- Carreón, R. O. E., Sabido, R. L. A., Centeno, Leal, R. L. J., Martínez, J. A., & Fernández, S. M. T. (2009). Etanol carburante. *Biotecnología*, 13(3), 79-102.
- 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. (2009). Una revisión de los principios de la ecología industrial, 22(No. 59), 247-265.
- Carrillo González, Graciela. (2012). *Estrategias de simbiosis industrial El caso de éxito de Altamira-Tampico*. México.
- 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.
- Centre for Social Responsibility in Mining, Sustainable Minerals Institute. (2008). *Project 3C1: Developing Local Synergies in the Gladstone Industrial Area* (Final Project Report). University of Queensland, Australia: Centre for Social Responsibility in Mining, Sustainable Minerals Institute, The University of Queensland.



- 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. (2010). La Ecología Industrial: innovación y aplicación del desarrollo sustentable en sistemas humanos.
- Cervantes Torre Marín, Gemma. (2011). Ecología Industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales.
- Cervantes Torre-Marín, G, Sosa Granados, R., Rodríguez Herrera, G., & Robles Martínez, F. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable.
- Considine, Timothy. (1998). Ecología Industrial. Universidad del Estado de Pennsylvania. Recuperado a partir de http://www.mcrit.com/ecosind_web
- Copyright CEMEX. (2013). Ecología Industrial. La Ciudad del Futuro. Recuperado Enero 4, 2004, a partir de <http://www.cemex.com/ES/DesarrolloSustentable/EcologiaIndustrial.aspx>
- Cortés, Manuel. (2005). *Modelación Matemática Aplicada*.
- Cruz García, D. (2012). *Evaluación del impacto ambiental de la glucosa ácida producida en la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos* (Trabajo de Diploma). UCF.
- Curbelo Martínez, Maidelis, Curbelo Martínez, Dainelis, & González Álvarez, Roxana. (2012). Herramientas de Gestión Ambiental: PML y ACV.
- Curbelo, Martínez. (2011). *Procedimiento para el análisis de la accidentalidad laboral, implementación en la Empresa Eléctrica Cienfuegos* (Trabajo de Diploma). UCF.
- Chávez, Sergio. (s.f.). Gestión ambiental.
- Chertow, M. R. (2007). «Uncovering» Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(No. 1), 11-30.
- Chou Rodríguez, Elisa. (2012). *Evaluación y aplicación de estrategias de Producción más Limpia en la Sección Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz, de La Empresa de Glucosa Cienfuegos*. (Tesis en opción a Máster en P+L). UCF.
- 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, J. L. (2006). Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa. Centro Argentino de Estudios Internacionales Programa Recursos Naturales & Desarrollo. Recuperado a partir de www.huellaecologica.com
- Duran Romero, Gemma. (2007). *Empresa y medio ambiente*. Madrid: Pirámide.
- Ecodiseño Centroamérica (Ed.). (2008). Revista Trimestral Latinoamericana Caribeña de Desarrollo Sustentable.
- Ehrenfeld, J. R. (2004). Can Industrial Ecology be the «Science of Sustainability»? *Journal of Industrial Ecology*, 8(No. 1), 1-3.
- Ehrenfeld, John. (2004a). Industrial ecology: a new field or only a metaphor?
- Ehrenfeld, John. (2004b). Can Industrial Ecology be the «Science of Sustainability»? *Journal of Industrial Ecology*, 8(No. 1), 1-3.
- El blog del bavaro: El maravilloso suero de la leche. (2009). Recuperado Mayo 11, 2013, a partir de <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. (1997). Industrial Ecology: A Historical View, 1-10.
- Ertola, R., Yantorno, O., & Carlos, M. (2000). Producción de penicilina. Monografía. Recuperado a partir de 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.
- Fundación Entorno. (s.f.). *La Gestión Sostenible en los Polígonos Industriales. Una aplicación de la Ecología Industrial*.
- Fundación Forum Ambiental. (2000). Guía para la ecoeficiencia. Recuperado a partir de <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.
- García Yanes, Martha. (2012). *Evaluación de Producción Más Limpia al proceso productivo de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos en la Empresa Glucosa Cienfuegos* (Tesis en opción a Máster en P+L). UCF.
- García Zamora, Jaime. (2012). *Evaluación de Producción Más Limpia en la obtención del almidón de maíz en la Empresa Glucosa Cienfuegos* (Tesis en opción a Máster en P+L). UCF.
- 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. Recuperado a partir de ggarrido@inti.gob.ar
- GEA Filtration. (2013). Aplicaciones para productos lácteos de filtración por membrana. Recuperado Junio 5, 2013, a partir de <http://geafiltration.com>
- GEA Process Engineering. (2010). Soluciones Tecnológicas a medida para nuestros clientes. Integración de Procesos, Innovación y Servicio. Industria Láctea. Recuperado a partir de <http://www.geape.es>
- González Núñez, Ania. (2008). Aprovechamiento de los envases y residuos de las producciones en la empresa productos lácteos Escambray. Recuperado Junio 5, 2013, a partir de <http://monografias.com>
- Graedel, Thomas, Anrews, C, Berkhout, F., & Thomas, V. (Eds.). (1994). Industrial Ecology: Definition and Implementation. *Industrial Ecology and Global Change* (R. Socolow, págs. 23-42). New Jersey. Recuperado a partir de www.nhbs.com/industrial_ecology_and_global_change_tefno_18990.html
- Grupo industrial AISA, S.A. DE C.V. (2010). Grasa butírica anhidra. Aditivo para alimentos. Información dosificación y venta. Recuperado Junio 5, 2013, a partir de http://www.oocities.com/grupo_industrialaisa
- Guía de Buenas prácticas para la gestión de residuos industriales. (s.f.).
- Gutiérrez Pulido, & de la Vara Salazar. (2007). *Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma* (Vol. 1-2). La Habana: Felix Varela.
- Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen. (2010). *Manual de Evaluación de la huella hídrica*.
- Jean-Claude, & Oudenne, Françoise. (1988). Líquido de maceración de maíz mejorado. Troostembergh.
- 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. *Developing Industrial Ecosystems* (págs. 251-277).
- Lambert, A.J.D., & Boons, F.A. (2001). Eco-industrial parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks (págs. 471–484). Pegamon. Recuperado a partir de http://users.ugent.be/~tfmaes/Lambert_EI
- Leal, José. (2005). Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias. Recuperado a partir de <http://www.cepal.org/>



- 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 (págs. 1522-1525). *J. Haz. Mat.*
- Lowe, Ernest A. (2001). *Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*. Indigo Development. Recuperado a partir de <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*. Recuperado a partir de <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, D., & Cervantes Torre-Marín, G. (2010). Diagramas de flujo de sistemas industriales, una herramienta para la ecología industrial. El caso del corredor industrial de Altamira.
- Mackenzie, Baris, Dion, Katharine, Chris, Nelson, & Zhang, Yujun. (2001). Industrial Symbiosis in New Haven Harbor: English Station West. *Developing Industrial Ecosystems* (pág. 413-438). Recuperado a partir de http://environment.yale.edu/industrial_ecology
- Mangan, Andy. (1997). *The Business Council for Sustainable Development–Gulf of Mexico (BCSD-GM)*. México. Recuperado a partir de <http://www.smartgrowth.org/pdf/byprod.pdf>
- Manual de Buenas Prácticas Operativas de Producción más Limpia para la Industria Láctea. (s.f.). PROARCA/SIGMA. Recuperado a partir de www.proarca.org
- 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.
- Medellín Milán, Pedro. (2008). Ecología industrial: Introducción. *Revista Virtual Pro*. Recuperado a partir de <http://www.revistavirtualpro.com/revista/index>
- Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. (2007). *Estrategia Ambiental Nacional 2007-2010* (pág. 70). La Habana: CITMA.
- 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.
- Moya Monteagudo, J. (2012). *Evaluación de Producción Más Limpia en la Planta de sirope de glucosa en la Empresa Glucosa Cienfuegos* (Tesis en opción a Máster en P+L). UCF.
- NEIAL. (2010). NEIAL - 1601.122 Leche y sus derivados QUESOS CUMANAYAGUA. Especificaciones de Calidad.
- Ochoa, G. (2007). *Las Producciones Más Limpias en la Gestión Empresarial*. La Habana: Félix Varela Universo Sur.
- Oficina Nacional de Estadísticas (ONE). (2011). *Gestión Ambiental en Cifra. Cuba 2011* (pág. 35). Cuba: Oficina Nacional de Estadísticas (ONE).
- Oficina Nacional de Normalización. (2007a). NC-ISO 8367-1: 2007. Embalajes, tolerancias dimensionales de sacos para uso general.
- Oficina Nacional de Normalización (Ed.). (1999). NC-ISO 14040: 1999: Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo De Vida. Principios y Estructura.
- Oficina Nacional de Normalización (Ed.). (2007b). NC 521:2007 Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas _Especificaciones.
- Oficina Nacional de Normalización (Ed.). (2009). NC 47: 2009 Helados - Especificaciones.
- Oficina Nacional de Normalización (Ed.). (2012). NC 27:2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado _Especificaciones.
- P. Fullana, & R. Puig. (2002). Ecología industrial. Conceptos básicos, discusión y aplicación en España. *Medio Ambiente*, 75-79.
- Pérez Picazo, Emilio. (2009). FOCUS Ecología Industrial. 29.
- Piloto Cuellar, G. (2012). *Comparación del impacto ambiental de dos alternativas de producción de energía eléctrica en la Termoeléctrica de Cienfuegos*. UCF.
- Pinzón Latorre, Andrés. (2008). *La Simbiosis Industrial en Kalundborg, Dinamarca*. Colombia: Universidad de los Andes.
- Ponce de León. (2000). Utilización de los derivados industriales del maíz (págs. 185-188).
- Programa Ambiental Nicaragua – Finlandia. (PANIF). (2009). Diagnóstico de las Queseras artesanales y su impacto en el medio Ambiente.
- PRYSMA Calidad y Medio Ambiente. (2007). Guía práctica para la aplicación del Ecodiseño. CEPYME Aragón.
- QuimiNet. (2013). La importancia de la grasa butírica anhidra en los lácteos. Recuperado Mayo 12, 2013, a partir de <http://grasabutiricaanhidraenloslacteos.com>



- Ramírez Judías, Emilio, & Galán Ortiz, Laura. (2002). *El ecodiseño como herramienta básica de gestión industrial*. Recuperado a partir de erjudias@us.es, lgalanortiz@hotmail.com
- Restrepo Gallego, M. (2006). Producción más Limpia en la Industria Alimentaria. *Producción + Limpia*, I(No. 1), 88-101.
- Reyes Lucas, V. (2012a). Torta de germen de maíz expeller. Recuperado a a partir de
- Reyes Lucas, V. (2012b). Gluten feed de maíz. *El maíz en la nutrición humana...* Recuperado b a partir de
- 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.
- Robutti, J. (2000). Calidad y Usos del Maíz (págs. 100-104). Buenos Aires, Argentina: IDIA XXI.
- Romero Rodríguez, Blanca Iris. (2002). El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental.
- Rosemberg, Adrián. (2006). Estructplan On Line - Articles. Recuperado a partir de <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=1234>
- Rosenfeld, A. H. (2011). 6th International Conference on Industrial Ecology. University of California, Berkeley. Recuperado a partir de <http://isie2011.berkeley.edu/>
- Sancho Tello, V. (2012). Gluten meal: Proteína insoluble digestible extraída del grano del maíz. DADELOS AGRÍCOLAS.
- Saniez, M. H., & Gouy, P.-A. (2001). Compuesto nutritivo resultado del remojo del maíz y procedimiento de obtención del mismo.
- Saniez, M. H., Gouy, P.-A., & Erpicum, T. (2003). Composición nitrogenada resultante de la hidrólisis del gluten de trigo y su procedimiento de fabricación.
- Saval, Susana. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *Biotecnología*, Vol. 16(2), 14-46.
- School for Resource and Environmental Studies. (2004). La Red de Comunidades Inteligentes: Parques Industriales Ecológicos. Recuperado a partir de <http://www.smartcommunities.ncat.org/espanol/.shtml>
- 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. (s.f.). 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. Recuperado a partir de www.alcion.es



- Seoáñez, 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, & Prévez 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, & Sarubbo. (2008). Utilization of two agroindustrial by-products for the production of a surfactant by *Candida sphaerica* (43o ed., Vol. 9, págs. 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). *HelSIE Symposium on Industrial Ecology and Material Flows* (pág. 285-293). University of Jyväskylä. Recuperado a partir de <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» (pág. 2). Sidney, Australia. Recuperado a partir de www.wbcsd.ch/DocRoot/IVejTnoAn2qiwkxIpsWL/EEWhat.pdf
- Suárez Sabina, Suanly. (2012). *Procedimiento para la mejora del proceso de gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo a partir de un modelo matemático en la Unidad de Negocios Refinería Cienfuegos*. (Tesis en opción al Título Académico de Máster en Ingeniería Industrial (Mención Calidad)). UCF.
- 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). Remar, Red Energía y Medio Ambiente. *Ecoeficiencia industrial, Cómo alcanzar la ecoeficiencia a través del ecodiseño y de la ecología industrial*, 41-69.
- Tyl, Benjamin. (2011b). Ecoeficiencia industrial. Cómo alcanzar la ecoeficiencia a través del ecodiseño y de la ecología industrial. Recuperado a partir de <http://www.redremar.com>
- Tyl, Benjamin. (2011c). Remar, Red Energía y Medio Ambiente. *Ecoeficiencia industrial, Cómo alcanzar la ecoeficiencia a través del ecodiseño y de la ecología industrial*, 41-69.
- 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. Recuperado a partir de <http://www.uni.norte.edu.nic>
- Uribemtz, Alberto. (2012). Ecología Industrial. Recuperado Enero 4, 2004, a partir de <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. Recuperado a partir de <http://www.csrp.com.au/publications/2008/pubs2008.html>
- Villa, Eulalia, & Pons, Ramón. (2006). *Gestión por Procesos* (Monografía). UCF.
- Villatoro Monzón, Wilverth. (2013). Red Mexicana de Ecología Industrial. Recuperado Enero 4, 2004, a partir de <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.



Glosario



GLOSARIO

Ecología: Estudia la estructura y funcionamiento de los ecosistemas en los cuales la transferencia de energía y materia determina su permanencia y crecimiento de la biomasa.

Residuo: Son materiales que no son productos primarios (es decir, los productos fabricados para el mercado), que no son de utilidad para el que los ha generado para sus propios fines de producción, transformación o consumo y de los que se desea deshacer. Los residuos se pueden generar durante la obtención de materias primas, durante el procesamiento de materias primas para obtener productos semielaborados y elaborados, el consumo de productos elaborados o cualquier otra actividad humana.

Desecho: Energía o materia (sólida, líquida, gaseosa, mezcla o combinación de ellas, incluyendo flujos calóricos) a la que ya no se le da valor alguno y, por tanto, se la descarga o emite o es objeto de disposición final.

Reciclaje: El tratamiento de desechos y desperdicios, usados o no, y su conversión en materias primas secundarias". Generalmente, en términos económicos, al principio se trata de desechos y desperdicios, clasificados o no, pero siempre inapropiados para ser utilizados directamente en un proceso industrial, mientras que, al final del proceso, pueden ser utilizados para tratamientos posteriores y, por lo tanto, se les considera productos semielaborados. Se necesita para ello un proceso, ya sea de naturaleza mecánica o química.

Reúso: Volver a utilizar el residuo en su forma de insumo original.

Disposición final de residuos: El almacenamiento definitivo de residuos en la superficie o bajo tierra, de forma controlada o incontrolada, con arreglo a las normas sanitarias, medioambientales y de seguridad.

Aguas residuales: Se definen como las aguas que no pueden utilizarse inmediatamente para los fines que fueron usadas o para los que fueron producidas, debido a su calidad, cantidad o al momento de su aparición.

Sinergia: Asociación de varios organismos para realizar una función.

Sinergia de subproductos: Cooperación que se genera entre diversas industrias, el sector agrícola y la comunidad, que resulta en una conversión redituable de subproductos y desechos en recursos, promoviendo así su sostenimiento. También puede llamarse "simbiosis industrial" "asociaciones verdes", "operaciones cero deshecho /cero emisiones", "manufactura eficiente, de la cuna a la cuna".

Ecosistema: Es el conjunto de comunidades (conjunto de especies) faunísticas y florísticas afines entre sí, o correlacionadas por sus características estructurales y funcionales y sometidas a la influencia similar de los factores bióticos y abióticos.



Ecosistema biológico: Está conformado por componentes bióticos y abióticos que interactúan entre sí para cumplir funciones vitales de reproducción y equilibrio.

Ecosistemas Industriales: Son los complejos de producción (industrias) interconectados de manera tal que los residuos de unos sirven como materia prima para otros.

Analogía: Comparación o relación entre varias razones o conceptos; comparar o relacionar dos o más objetos o experiencias, apreciando y señalando características generales y particulares, generando razonamientos y conductas basándose en la existencia de las semejanzas entre unos y otros.

Ecoeficiencia: Es la capacidad de Gestión de una entidad para 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 utilización sostenible de los recursos.

Desarrollo sostenible: Representa un modelo de crecimiento económico global que satisface las necesidades actuales de la humanidad, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades.

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 CO₂) brinda una idea clara y precisa del impacto de la actividad productiva sobre el ecosistema.

Tecnologías Limpias (tecnologías ambientalmente sanas): Procesos y productos que protegen el ambiente, son menos contaminantes, usan todos los recursos de forma más sostenible, reciclan más de sus residuos y productos y manejan los desechos residuales de una manera más aceptable.

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.

Gestión Ambiental: Aspecto funcional de la gestión de una empresa, que desarrolla e implanta las políticas y estrategias ambientales.



Contaminación: Acción o efecto de añadir al medio, materia o formas de energía, o inducirle condiciones que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en su relación con los usos posteriores o su función ecológica.

Caudal: En ecología, se denomina caudal al volumen de agua que arrastra un río, o cualquier otra corriente de agua para preservar los valores ecológicos en el cauce de la misma. Se mide en metros cúbicos por segundo.

Cuenca Hidrográfica: Es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, y con miras al futuro las cuencas hidrográficas se perfilan como las unidades de división funcionales con más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua. También recibe los nombres de Hoya Hidrográfica, Cuenca de Drenaje y Cuenca Imbrífera.

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 ($\text{m}^3/\text{día}$) por la concentración media diaria (kg/m^3), la carga se expresa en ($\text{kg}/\text{día}$).

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

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5): Cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de tiempo.

Impacto Ambiental: Se refiere a cualquier cambio, modificación o alteración de los elementos del medioambiente o de las relaciones entre ellos, causada por una o varias acciones (proyecto, actividad o decisión). El sentido del término no involucra ninguna valoración del cambio, la que depende de juicios de valor.

Maceración: es fundamentalmente el remojo del maíz en un líquido de cierta composición y bajo condiciones cuidadosamente controladas con la finalidad de separar los componentes del grano de maíz por hinchamiento de este y a la vez ablandarlo.

Degerminación: Consiste en la separación, por diferencia de densidades, del germen del resto de los componentes del maíz, donde el germen flota y los demás sedimentan.

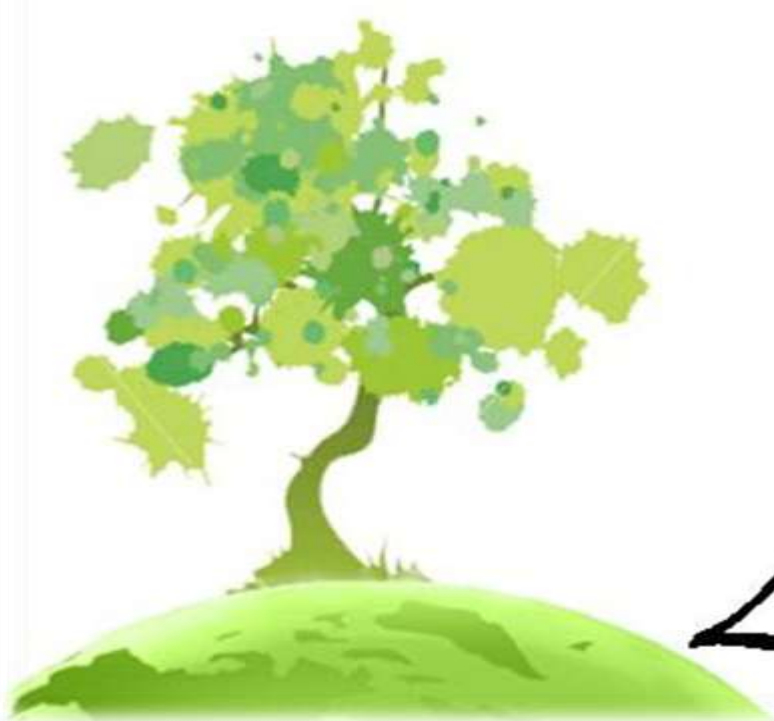
Lodo: Residuo semisólido.



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

Concentración: Valor que expresa la cantidad de una sustancia disuelta (solute) por unidad de volumen o masa de solución, o de disolvente según sea el caso.

Estequiometria: estudio de las proporciones ponderales o volumétricas en una reacción química. Una ecuación química es esencialmente una relación que muestra las cantidades relativas de reactivos y productos involucrados en una reacción química. Los cálculos estequiométricos son aquellos que se realizan para conocer con precisión la cantidad que se va a obtener de un determinado producto, conocidas las cantidades de los reactivos o, por el contrario, las cantidades de reactivo que se han de utilizar para obtener una determinada cantidad de producto. La expresión “cantidad estequiométrica” indica la cantidad exacta que se necesita de una sustancia de acuerdo con una ecuación química.



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.
Jelinskiet 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 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.
Cervantes Torre-Marín (2007)	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.
Cervantes Torre-Marín (2010)	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.”.
Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental	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.
ISIE (2011)	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.



Anexo 2: 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.
Seoánez (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 3:** 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, <u>et al.</u> (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 4: Principios de la Simbiosis Industrial. **Fuente:** Elaboración propia a partir del Manual para autogestión medioambiental en industrias y asentamientos industriales.





Anexo 5: Concepciones básicas, principales objetivos y estrategias de los enfoques teóricos de la Ecología Industrial. **Fuente:** Modificado de Alvarado (2009).

Enfoques	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 energéticos (bajo este enfoque no existe la posibilidad de pérdidas).	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 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 6: 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).

Zonas de actividades	- La mejora de la ecoeficacia de las empresas de estas zonas gracias a la cooperación organizativa. - La rehabilitación de la zona de actividades para convertirlas en parques eco-industriales. - Difundir una cultura “colectiva” para la gestión de los flujos de materias, energía y agua. - Reforzar la capacidad de atracción de la zona de actividades.
Empresas	- 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. - La mejora de la competitividad gracias a un valor añadido medioambiental y al ahorro de materias primas y energía. - La mejora de la imagen de la empresa por los proveedores y los clientes. - La adopción de una estrategia proactiva y/o de diferenciación.
Comunidades	- Asociar a los actores económicos a un proceso de desarrollo sostenible. - Reforzar el sector local del medio ambiente (redes eco-industriales.). - Reducir la contaminación local y las molestias (beneficios en términos de salud pública). - Relanzar una dinámica industrial en un territorio que está en descenso. - Mejorar la imagen y reforzar el atractivo del territorio. - Una gestión concertada de las cuestiones medioambientales, de sanidad pública. - Relocalizar actividades próximas a los recursos primarios o secundarios nuevamente identificados. - Luchar contra las deslocalizaciones. - Responsabilizar al personal y reforzar su implicación mediante la adhesión al proceso.



Anexo 7: 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, M., Curbelo Martínez, D., & González Álvarez, R., 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 despilfarro 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 CO₂ 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 CO₂ 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).

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).

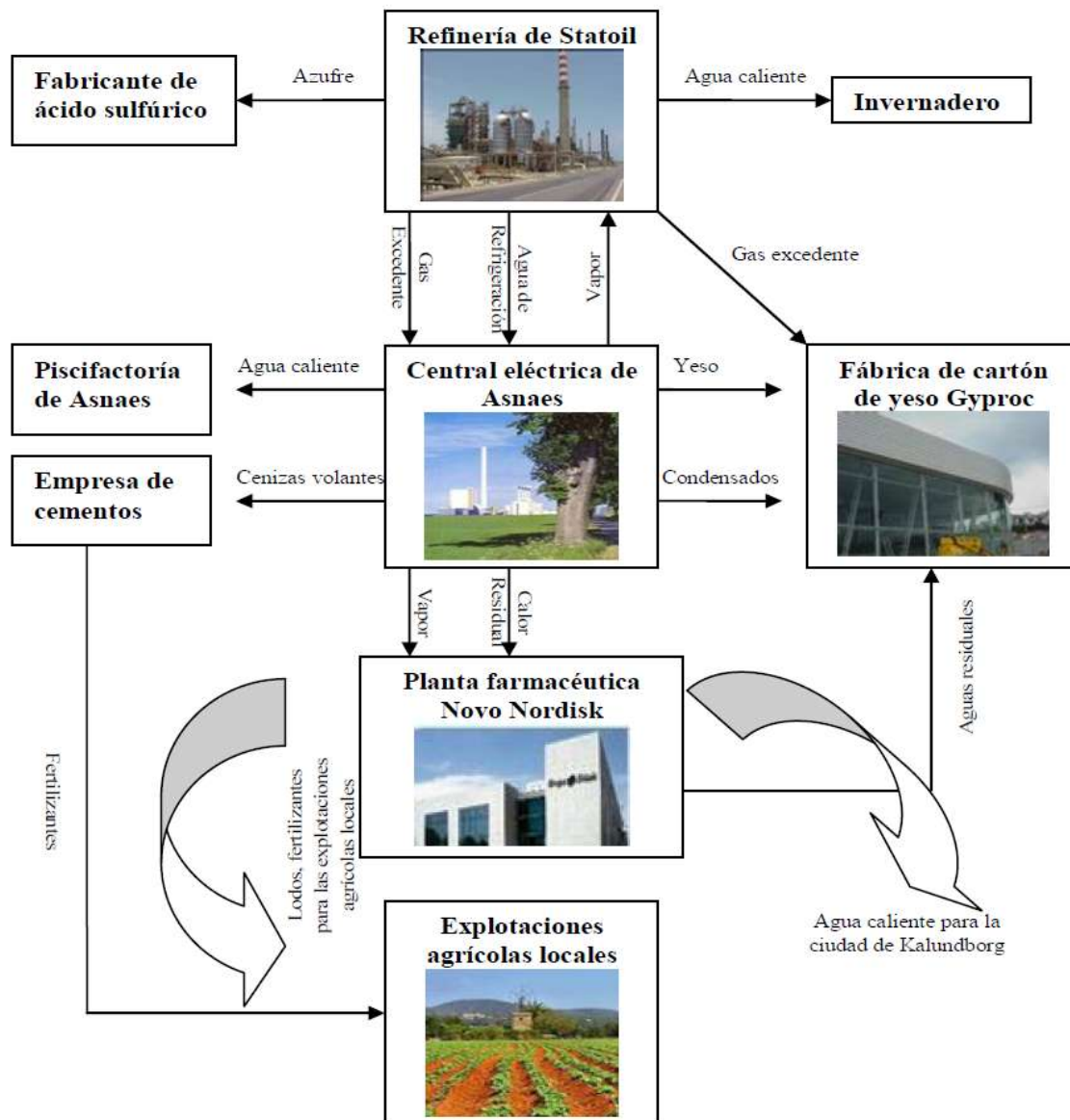


Anexo 8: Principales empresas que formaron parte de la simbiosis industrial surgida en Kalundborg. **Fuente:** Elaboración propia.

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 ² , 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 9: Interacciones en Kalundborg. **Fuente:** Alvarado (2009).





Anexo 10: 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
Pfaffeengrund - Heidelberg, Alemania del sur (Sterr, 2001)	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. 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. 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.
Puerto de New Haven, Inglaterra Mackenzie (Baris et al., 2001)	El proyecto intenta reactivar la economía de la región mediante la reducción de los costos en los procesos productivos, principalmente a partir 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. 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.



Ora - Fredrikstad, Noruega Mackenzie, Baris et al., (2001)	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. Entre las primeras acciones han sido la modernización del sistema tecnológico, que permita la minimización de la emisiones de bióxido de carbono (CO₂), 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).
Tarragona – España Rosemberg (2006)	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 de producción. 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 agilizará 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. 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.
Martorell - España Rosemberg (2006)	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. 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.



Anexo 11: 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
Burnside – Canadá (Lambert, y Boons, 2001)	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. 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. 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. 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.
Triángulo verde de Boston y Massachusetts, Estados Unidos (Kellogg, et al., 1999)	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. 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: el parque industrial, los hospitales, los cementerios y los agricultores. De esta manera, todos los desechos puedan ser al mismo tiempo insumos como por ejemplo el estiércol generado tiene dos funciones: como fertilizante y como generador de energía.



Trenton - New Yersey, Estados Unidos (Andrews, 2001)	Estratégicamente localizado a las orillas del Río Delaware, y a 55 millas de la Ciudad de New Yersey 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. 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 papeleras que utilice papel reciclado, y tecnologías no contaminantes con esto se planea desarrollar en el largo plazo un ecosistema industrial, donde la industria papeleras servirá como modelo a seguir hacia las demás industrias.
Tampico - México Carrillo (2005)	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. 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. 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. 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.



Anexo 12: Problemas ambientales a nivel nacional y provincial. **Fuente:** Unidad de Gestión del CITMA (2011).

Contexto	Principales problemas ambientales
Nacional	- Degradación de los suelos. - Afectaciones a la cobertura forestal. - Contaminación. - Pérdida de la diversidad biológica. - Carencia de agua.
Provincial	- Degradación de los suelos. - Afectaciones a la cobertura forestal. - Contaminación. - Residuales líquidos. - Residuos sólidos. - Emisiones a la atmósfera y contaminación sónica. - Productos químicos y desechos peligrosos. - Pérdida de la diversidad biológica. - Carencia y dificultad con la disponibilidad y calidad del agua de agua. - Implicaciones ambientales del aumento de las capacidades productivas en la refinación del petróleo y las inversiones del polo petroquímico. - Vulnerabilidad territorial ante los efectos del cambio climático. - Impactos socio-económicos y ambientales de las actividades productivas no estatales.



Anexo 13: Método de expertos. **Fuente:** 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- α (%)	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.

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:** 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.

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.

$$K_c = N \times 0.1$$

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:** 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	$K_{comp} \leq 0.5$

- Preparación de los cuestionarios o encuestas:** Se preparan las encuestas para hacerlas llegar a los expertos y someterlas a su criterio.
- 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:
 H_0 : El juicio de los expertos no es consistente. (No comunidad de preferencia).



H₁: 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:

Si **W < 0.5** No hay concordancia en el criterio de los expertos.

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^k \Delta_j^2}{m^2 k^3 - k}$$

K: número de características m: número de expertos

Si **W ≥ 0.5** Hay concordancia en el criterio de los expertos.

W: Coeficiente de concordancia

Las variables seleccionas son aquellas que cumplen la condición:

$$\sum_{i=1}^m A_i < T$$

donde T se calcula de la siguiente forma:

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k A_{ij} K$$

Si $k \leq 7$ utilizando el coeficiente de Friedman, el estadígrafo S-Cuadrado, que se calcula:

$$S^2 = \sum D^2$$

Región Crítica: $s^2_{\text{calculada}} > s^2_{\text{tabulada}}$

s^2_{tabulada} : Se obtiene en la tabla de Friedman (para niveles de significación prefijada, generalmente al 1% y 5%).



Anexo 14: Lista de chequeo para el manejo de materiales. **Fuente:** Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2005); Castro Gómez y Vinuesa 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: 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

(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 m³.

Nombre Formulario: Caracterización de residuos sólidos

Identificador Formulario: RS-1

Nombre del Residuo (1)	
Etapas en que se genera (2)	
Componentes contaminantes (3)	
Tiempo de Almacenamiento (4)	
Condiciones de almacenamiento (5)	☐ Separado ☐ Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	
Tratamiento actual (7)	
Cantidad Generada (8)	



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

- (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 m³.

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)	☐ Separado ☐ Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	
Tratamiento actual (7)	
Cantidad Generada (8)	

**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

(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 m³.

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)	☐ Separado ☐ Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	
Tratamiento actual (7)	
Cantidad Generada (8)	



Anexo 16: 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?		



Anexo 17: 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.					



Anexo 18: 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_1	C_2	.....	C_k
A_1	Evaluación dada por cada experto			
A_2				
A_m				

- El facilitador construye la tabla de resultados totales de los N expertos:

	C_1	C_2	C_3	.....	C_k
A_1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	.....	T_{1k}
A_2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	.....	T_{2k}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
A_m	T_{m1}	T_{m2}	T_{m3}	.....	T_{mk}

- Tratamiento estadístico

a) Construir la tabla de frecuencias acumuladas de T_1 .

	C_1	C_2	C_3	.....	C_k	Total
A_1	T_{11}	T_{12}	T_{13}$	.....	\sum_{j=1}^k T_{1j}$	$\sum_{j=1}^k T_{1j} = T_1$
A_2	T_{21}	T_{22}	T_{23}$	.....	\sum_{j=1}^k T_{2j}$	$\sum_{j=1}^k T_{2j} = T_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	
A_m	T_{m1}	T_{m2}	T_{m3}$	.....	\sum_{j=1}^k T_{mj}$	T_m

b) Construir la tabla de frecuencias acumuladas relativas.

	C_1	C_2	.....	C_{k-1}
A_1	Definir cada elemento de la tabla anterior entre el número de expertos N			
A_2				
A_m				



$$A_i \dots \dots \dots \frac{\sum_{k=1}^k T_{ik}}{N}$$

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	$\dots$ $\dots$	C_{k-1}	Suma	P promedio	Valor promedio de los expertos a cada N-P alternativo
A_1	Z_{11}	Z_{12}	$\dots$ $\dots$	Z_{1k-1}	$\sum_{j=1}^k Z_{1j}$	$\sum_{j=1}^k Z_{1j} / k - 1 = Z_{1\cdot}$	$\frac{Z_{\cdot\cdot}}{m.K} - Z_{1\cdot}$
A_2	Z_{21}	Z_{22}	$\dots$ $\dots$	Z_{2k-1}	$\sum_{j=1}^k Z_{2j}$	$\sum_{j=1}^k Z_{2j} / k - 1 = Z_{2\cdot}$	$\frac{Z_{\cdot\cdot}}{m.K} - Z_{2\cdot}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
A_m	Z_{m1}	Z_{m2}	$\dots$ $\dots$	Z_{mk-1}	$\sum_{j=1}^k Z_{mj}$	$\sum_{j=1}^k Z_{mj} / k - 1 = Z_{m\cdot}$	$\frac{Z_{\cdot\cdot}}{m.K} - Z_{m\cdot}$
Puntos de corte	$\frac{\sum_{i=1}^m Z_{i1}}{PC_1}$	$\frac{\sum_{i=1}^m Z_{i2}}{PC_2}$	$\dots$ $\dots$	$\frac{\sum_{i=1}^m Z_{ik-1}}{PC_{k-1}}$	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{k-1} Z_{mj}$		$N = \frac{Z_{\cdot\cdot}}{m.K}$

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 19: 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)



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 del 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.

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 en 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 a proponer 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	0,35	0,67	4,26	4,26	9,55	2,39	0,7190



ciclo de materia en las empresas.							
El procedimiento es aplicable a otras empresas, es generalizable.	0,11	1,34	4,26	4,26	9,98	2,49	0,6124
Puntos de corte	0,236	2,079	3,777	4,265			
Sumatoria de las sumas					62,14		
N (Promedio general)					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 20: 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 21: Focos de contaminación por residuales líquidos orgánicos por municipios de la provincia Cienfuegos en el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia a partir de informes de la Unidad de Gestión del CITMA Cienfuegos.

Municipio de Cienfuegos		
Cuenca Hidrográfica	Nombre de la Fuente	Organismo
Bahía	Empresa Glucosa Cienfuegos	MINAL
	EPICIEN-PESCACUBA	MINAL
	Fábrica de Conserva “El Faro”	MINAL
	Empresa Cereales Cienfuegos	MINAG
	Empresa Productora de Piensos Industriales	MINAG
	Empresa Químico-Farmacéutica (EQUIFA)	MINBAS
	Empresa Termoeléctrica Cienfuegos	MINBAS
	Refinería de Petróleo	MINBAS
	Asentamiento Castillo de Jagua	OPP
	Asentamientos Cienfuegos: La Esperanza, Junco Sur, Pastorita, Pueblo Griffo, Emisario, Submarino y Fosas	OPP
	Hospital Provincial “Gustavo Aldereguía Lima”	MINSAP
	Hospital Pediátrico “Paquito González”	MINSAP
	Hotel Jagua	MINTUR
	Hotel Punta La Cueva	MINTUR
	Lavandería Unicornio. SERVISA	MINTUR
	IPI José Gregorio Martínez	MINED
	Escuela Militar “Camilo Cienfuegos”	MINED
	Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”	MES
Caonao	Cementos Cienfuegos S.A	MICONS
	IPUEC Ramón Jaureguí (Cerrado)	MINAED
Mar Caribe	Hotel Pasacaballo	MINTUR
	Hotel Faro Luna	MINTUR
Arimao	Granja Agropecuaria Pepito Tey	MINAG
Damuji	Granja Agropecuaria “El Milagro” (aledaña a la Refinería)	MININT
Municipio de Palmira		
Salado	CI Porcino I	MINAG
	CI Porcino II	MINAG
	Centro Multiplicador	MINAG
	EFEMP Manuel Hernández Osorio Elpidio Gómez	MINED
	Asentamiento Palmira	OPP
	Empresa Cárnica Cienfuegos	MINAL



	Fábrica de Pienso líquido	MINAG
	GA Elpidio Gómez	MINAZ
Caonao	UEB Enero I Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
	UEB Enero II Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
	UEB Enero III Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
	UEB Panamá Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
	IPA Juan B Jiménez Espartaco	MINED
	IPUEC Rigoberto Roque Paso del Medio	MINED
	Asentamiento San Fernando de Camarones	OPP
	Granja Agropecuaria Espartaco Empresa Agropecuaria	MINAG
	Granja GECA Espartaco	MINAZ
Damují	UEB Mártires de Bolivia Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
	Asentamiento Arriete Ciego Montero	OPP
Municipio de Cumanayagua		
Arimao	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
Hondo	Complejo Armando Mestre Mayarí	MINED
Cabagan	Despulpadora Cuatro Vientos	MINAG
Gavilanes	Centro Porcino Gavilán	MINAG
	UEB Álvaro Barba Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG



Municipio de Abreus		
Damují	Papelera Damují	MINBAS
	Asentamiento Constancia	OPP
	Asentamiento Abreus	OPP
	IPI Arturo Almeida Constancia	MINED
	Centro Porcino María Teresa	MINAG
	Granja Agropecuaria Guillermo Moncada	MINAG
Ciénega de zapata	Asentamiento Horquita	OPP
	ESBEC Juan A Díaz González Horquita	MINED
	IPA Francisco del Sol Horquita	MINED
	UEB Yaguaramas Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG
Juraguá C Subterránea	ESBEC Lino Pérez Muñoz cerrada	MINED
	IPUEC Virgilio González Villa Juraguá	MINED
	Centro Porcino Hondones	MINAG
Hanabana	ELAM I	MINED
	ELAM II	MINED
	ELAM III	MINED
Municipio de Rodas		
Damují	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	Centro Penitenciario Provincial Ariza	MININT
	Asentamiento Ariza	OPP
	Centro Porcino Baraguá	MININT
	UEB Viet Nam Heróico Empresa Avícola Cienfuegos	MINAG

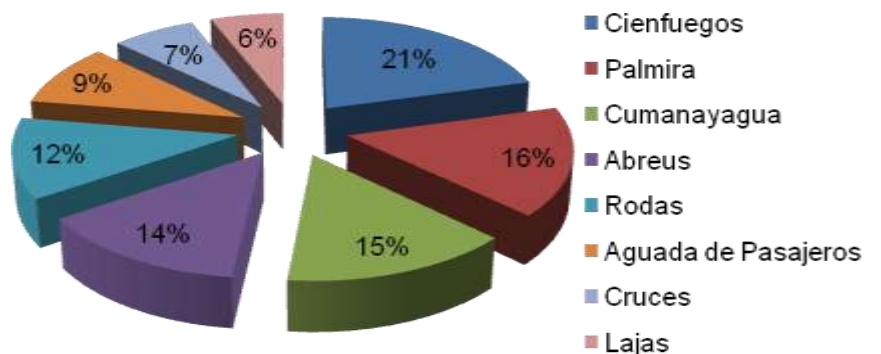


Municipio de Aguada de Pasajeros		
Ciénaga de Zapata	Empresa Azucarera Antonio Sánchez	MINAZ
	Alcoholes Finos ALFICSA	MINAZ
	Fábrica Torula	MINAZ
	Asentamiento Covadonga	OPP
	Asentamiento Perseverancia	OPP
	Autoconsumo Antonio Sánchez	MINAZ
Hanabana	Centro de Elaboración El Galeón	MINAZ
	Centro de Elaboración La Larguita (Cerrado por ahora)	MINAZ
	Asentamiento Aguada	OPP
	IPUEC Ramón López Suarez Covadonga	MINED
Magdalena	ESBEC Dionisio San Román 1ro de mayo	MINED
Municipio de Cruces		
Damují	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	Asentamiento Potrerillo	OPP
	Granja Agropecuaria Mal Tiempo Empresa Agropecuaria Mal Tiempo	MINAG
Municipio de Lajas		
Damují	Empresa Azucarera Central Caracas (Cerrada)	MINAZ
	Asentamiento Lajas	OPP
	Policlínico Lajas	MINSAP
	IPUEC Orestes Jiménez F. Central Caracas	MINED
	IPUEC Pedro Pérez Concepción R. Balboa (Cerrado)	MINED
	Centro Porcino San Agustín	MINAG
	Granja Agropecuaria Ciudad Caracas	MINAZ



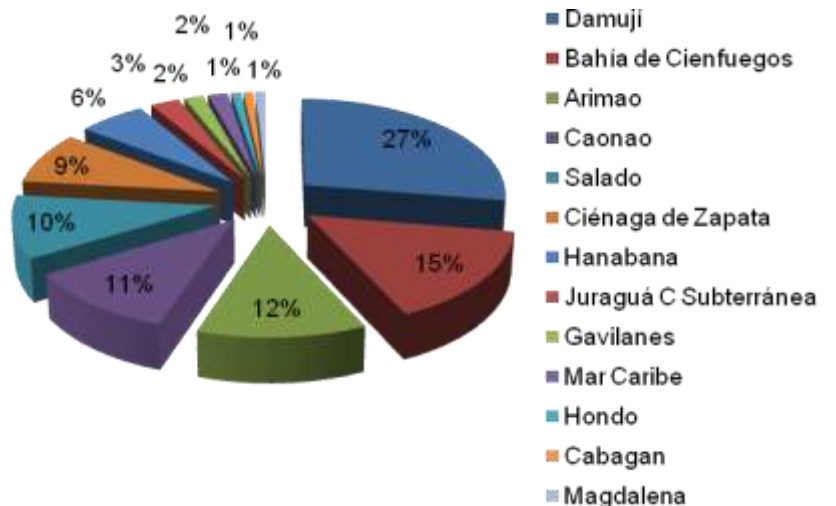
Resumen: Focos contaminantes por municipios

Municipio	No. de focos
Cienfuegos	24
Palmira	19
Cumanayagua	17
Abreus	16
Rodas	14
Aguada de Pasajeros	11
Cruces	8
Lajas	7
Total	116



Resumen: Focos contaminantes por cuenca hidrográfica

Cuenca hidrográfica	No. de focos
Damuji	32
Bahía de Cienfuegos	18
Arimao	14
Caonao	13
Salado	12
Ciénaga de Zapata	10
Hanabana	7
Juraguá C Subterránea	3
Gavilanes	2
Mar Caribe	2
Hondo	1
Cabagan	1
Magdalena	1
Total	116





Anexo 22: Carga contaminante por residuales líquidos orgánicos a las cuencas hidrográficas Bahía y Arimao. **Fuente:** Elaboración propia a partir de informes de la Unidad de Gestión del CITMA Cienfuegos.

Tabla 1: Empresas y asentamientos que tributan a la cuenca Bahía de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de informes de la Unidad de Gestión del CITMA Cienfuegos.

Nombre de la empresa	Organismo	DBO ₅ Generada (t/año)	DBO ₅ Dispuesta (t/año)
Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”	MES	20	9
SUB-TOTAL	MES	20	9
Empresa Productora de Piensos Industriales	MINAG	10	5
Empresa Avícola Cienfuegos UEB Juraguá	MINAG	4	0
SUB-TOTAL	MINAG	14	5
Empresa Cereales Cienfuegos	MINAL	6	3
Fábrica de Conserva “El Faro”	MINAL	15	9
EPICIEN-PESCACUBA	MINAL	15	8
Empresa Glucosa Cienfuegos	MINAL	31	21
SUB-TOTAL	MINAL	67	41
PDV-CUPET SA (Refinería de Petróleo)	MINBAS	16	10
Empresa Termoeléctrica Cienfuegos	MINBAS	7	0
Empresa Químico-farmacéutica (EQUIFA)	MINBAS	3	1
SUB-TOTAL	MINBAS	26	11
IPI José Gregorio Martínez	MINED	12	7
SUB-TOTAL	MINED	12	7
Escuela Militar “Camilo Cienfuegos”	MINFAR	3	2
SUB-TOTAL	MINFAR	3	2
Hospital Provincial “Gustavo Aldereguía Lima”	MINSAP	9	5
Hospital Pediátrico	MINSAP	3	2
SUB-TOTAL	MINSAP	12	7
Lavandería UNICORNIO SERVISA	MINTUR	19	0
Hotel Jagua	MINTUR	5	3
Hotel Punta La Cueva	MINTUR	1	0
SUB-TOTAL	MINTUR	25	3
Asentamiento Cienfuegos	OLPP	2157	1790
Asentamiento Castillo de Jagua	OLPP	131	78
SUB-TOTAL	OLPP	2288	1868
Bahía Cienfuegos	cuenca	2441	1942



Tabla 2: Empresas y asentamientos que tributan a la cuenca Arimao. **Fuente:** Elaboración propia a partir de informes de la Unidad de Gestión del CITMA Cienfuegos.

Nombre de la empresa	Organismo	DBO ₅ Generada (t/año)	DBO ₅ Dispuesta (t/año)
Despulpadora El Nicho	MINAG	8	0
Despulpadora San Blas	MINAG	14	0
UBPC Belmonte Pepito Tey Emp. Agrop. Cienfuegos	MINAG	36	36
SUB-TOTAL	MINAG	58	36
Empresa Productos Lácteos Escambray	MINAL	73	22
Centro Porcino (Combinado Lácteo)	MINAL	9	5
SUB-TOTAL	MINAL	82	27
ESBEC Bárbaro Álvarez	MINED	0	0
ESBEC Antonio Rodríguez (Cafetal)	MINED	0	0
IPVCE Carlos Roloff	MINED	6	3
Centro Mixto Batalla de Santa Clara	MINED	4	2
IPA Félix Varela (Arimao)	MINED	4	4
SUB-TOTAL	MINED	14	9
Granja Militar Integral San Antonio (Don Quijote)	MINFAR	95	48
SUB-TOTAL	MINFAR	95	48
Granja agropecuaria El Brazo (Sierrita)	MININT	90	5
SUB-TOTAL	MININT	90	5
Asentamiento Cumanayagua	OLPP	374	112
Asentamiento Barajagua	OLPP	31	19
SUB-TOTAL	OLPP	405	131
Arimao	Cuenca	744	256

Tabla 3: Distribución de la carga contaminante por residuos líquidos (DBO₅) generada y dispuesta de los organismos estudiados.

Organismos	Total de DBO ₅ generada	Total de DBO ₅ dispuesta
MINAL	149	68
MINFAR	98	50
MININT	90	5
MINAG	72	41
MINBAS	26	11
MINED	26	16
MINTUR	25	3
MES	20	9
MINSAP	12	7

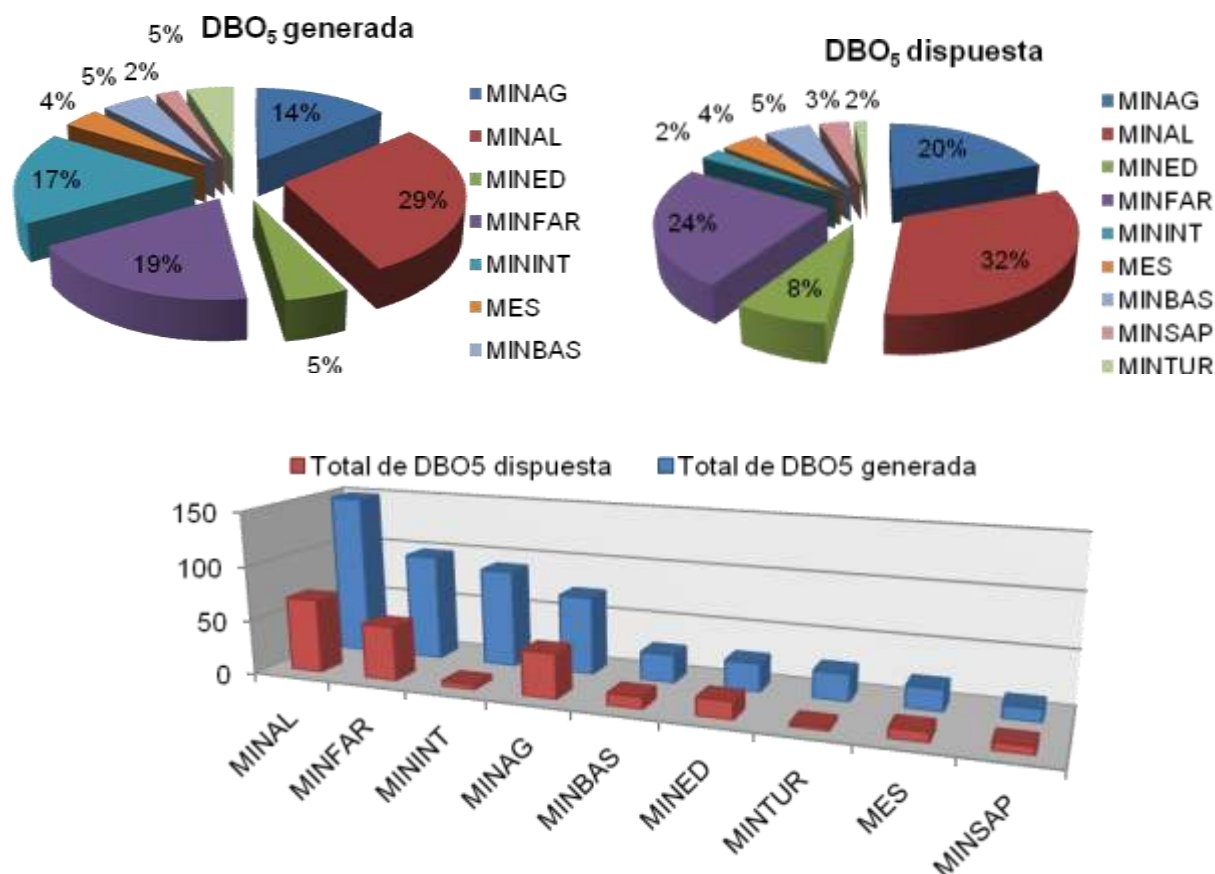
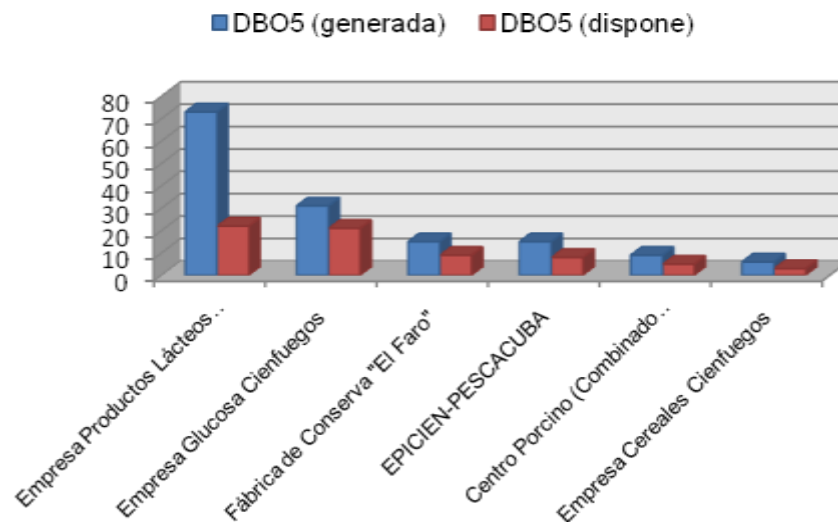


Tabla 4: Carga contaminante por residuos líquidos de las empresas pertenecientes al MINAL.

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
EPICIEN-PESCACUBA	15	8
Centro Porcino (Combinado Lácteo)	9	5
Empresa Cereales Cienfuegos	6	3





Anexo 23: Descripción de la Empresa de Productos Lácteos “Escambray”. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la empresa.

La Empresa de Productos Lácteos “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 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 la **Figura 1 y 2** respectivamente.



Figura 1: Principales materias primas y producciones de la Empresa de Productos Lácteos “Escambray”.



Figura 2: Principales suministradores, competidores y clientes de la Empresa de Productos Lácteos “Escambray”.

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.

Los **Objetivos Empresariales** de la Empresa para el año 2013 se muestran a continuación:

- 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)

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 **misión** 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.

- 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.



The left chart shows the distribution of respondents by occupation. The y-axis represents the number of respondents, ranging from 0 to 400. The x-axis lists five occupations: Operario, Técnico, Directivo, Servicio, and Administrativo. The bars are blue, and the values are labeled above each bar.

Ocupación	Número de Respondentes
Operario	388
Técnico	122
Directivo	61
Servicio	52
Administrativo	6

The right chart shows the distribution of respondents by education level. The y-axis represents the number of respondents, ranging from 0 to 250. The x-axis lists six education levels: Noveno Grado, Técnicos Medios, Duodécimo Grado, Universitarios, Sexto Grado, and Menos de sexto. The bars are red, and the values are labeled above each bar.

Nivel Educativo	Número de Respondentes
Noveno Grado	216
Técnicos Medios	141
Duodécimo Grado	139
Universitarios	59
Sexto Grado	30
Menos de sexto	6

Área	Porcentaje
UEB Mantenimiento	19%
UEB Producción de Leche y Derivados de la Soya	13%
UEB Servicios Generales	12%
UEB Comercial	11%
Dirección de Recursos humanos	8%
Dirección de tecnología y desarrollo	8%
UEB Comercial	7%
UEB Mantenimiento	1%
UEB Producción de Leche y Derivados de la Soya	0%

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



Figura 5; se puede destacar que en su diseño, el organigrama responde en cierta medida al de una estructura horizontal (Plana).

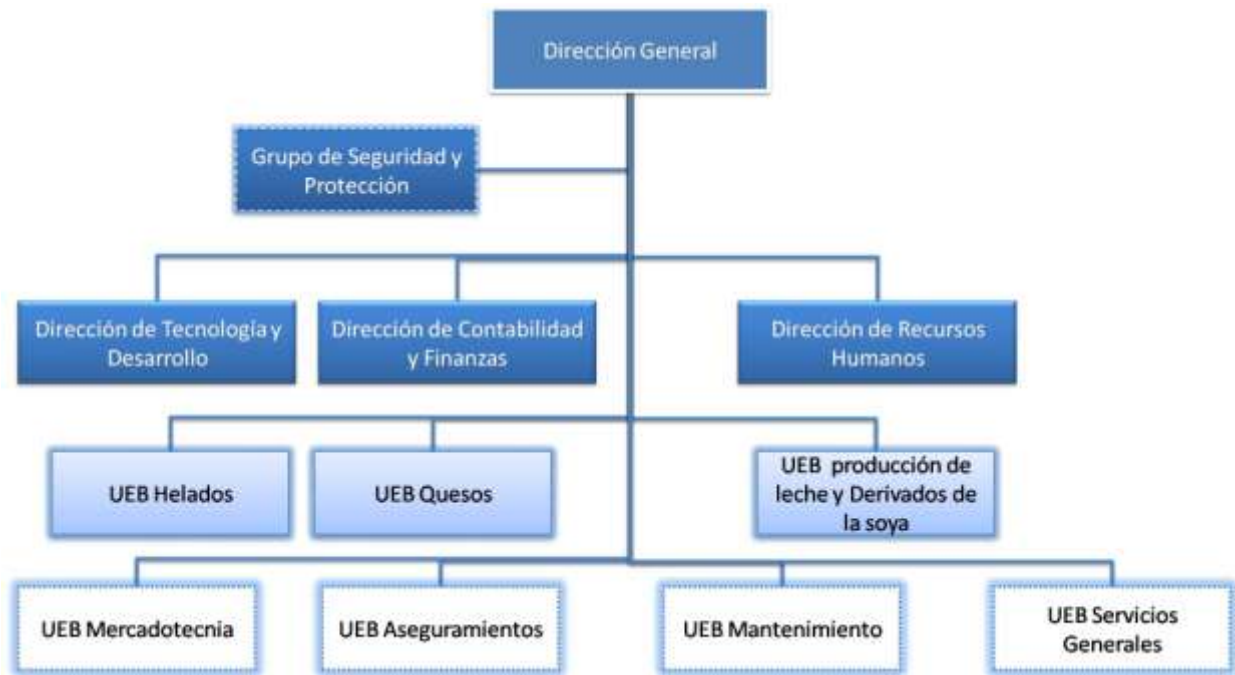


Figura 5: Estructura Organizacional de la Empresa de Productos Lácteos Escambray.



Anexo 24: 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.

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.

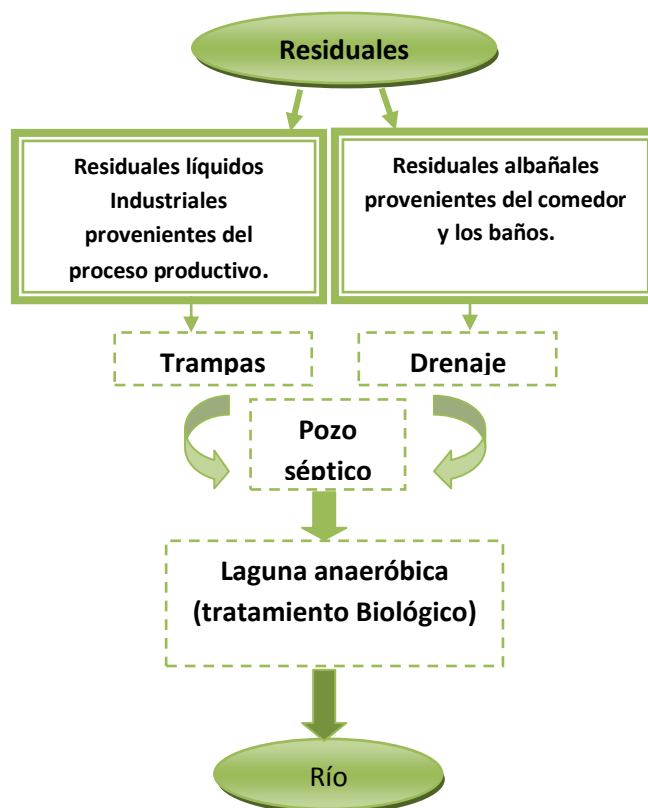


Figura 1: Secuencia de residuos desde su concepción hasta disposición final.



Anexo 25: Descripción de la Unidad Empresarial de Base Glucosa Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la empresa.

La UEB Glucosa Cienfuegos es puesta en marcha en 1981 luego de un período inversionista que dura seis años; con el objetivo de producir sirope de glucosa y obtener como subproductos germen, gluten, licor de remojo y forraje. La organización tiene más de 30 años de explotación lo que ha provocado un aumentado en el desgaste físico de los equipos y la exclusión de algunos de ellos del proceso productivo, y en otros casos sustituidos o modificados por otros equipos o conceptos productivos. Es por ello que al cierre del año 2012 la capacidad explotada era de un 40% respecto a la instalada. Su tecnología pertenece al área capitalista, fundamentalmente a la firma ALFA LAVAL de procedencia sueca y a la DDS KROYER de Dinamarca.

Cuenta con una planta de tratamiento de residuales donde se procesan los residuales del proceso industrial más los albañales, la cual desde su concepción inicial no responde a las características de la organización, provocando esto que el resultado del tratamiento de los residuales líquidos sea ineficiente. Lo anterior, es considerado en la Estrategia Ambiental de la empresa, como uno de sus principales ambientales, provocando afectaciones al ecosistema aledaño, así como los asentamientos poblacionales cercanos a la empresa.

La **Misión** de la empresa es: “Elaborar materias primas y materiales para diferentes procesos industriales y productos alimenticios, en una amplia gama de surtidos para la alimentación humana y animal, con la mejor calidad y eficiencia, garantizando la plena satisfacción de nuestros clientes”. Tiene como **Visión** “Somos una empresa próspera, diversificada, líder en el mercado nacional y competitivo en el mercado internacional”.

Su **Objeto social** consiste en:

-  Producir, transportar y comercializar de forma mayorista productos alimenticios derivados del maíz tales como: sirope de glucosa, almidón de maíz, aceite de consumo humano, mezclas secas, concentrados de frutas y vegetales, siropes y refrescos y alimento animal en pesos moneda nacional y pesos cubanos convertibles.
-  Producir y comercializar de forma mayorista equipos, partes, piezas y accesorios de metal y goma fundamentalmente para la industria de conserva y lácteos en pesos moneda nacional y pesos cubanos convertibles.
-  Producir y comercializar de forma mayorista implementos deportivos al Instituto Nacional de Deportes, Educación Física y Recreación en pesos moneda nacional.



- Brindar servicios de alquiler de transportación especializado y de carga en pesos moneda nacional.
- Brindar servicios personales, de reparación de enseres menores, de transporte de personal y alimentación a sus trabajadores en pesos moneda nacional.
- Ofrecer servicios de reparación y mantenimientos eléctricos, de instrumentación a equipos automáticos, informáticos y de comunicación a entidades en pesos moneda nacional.
- Producir y comercializar de forma mayorista ganado menor y de forma minorista a sus trabajadores productos agropecuarios procedentes del autoconsumo en pesos moneda nacional.

El organigrama correspondiente a la estructura organizacional de la UEB se muestra en la **Figura 1**; en la misma actualmente laboran un total de 217 trabajadores distribuidos por las diferentes áreas, garantizando con su trabajo la gran diversificación de las producciones y los servicios, como se resume en la **Gráfico 1**.

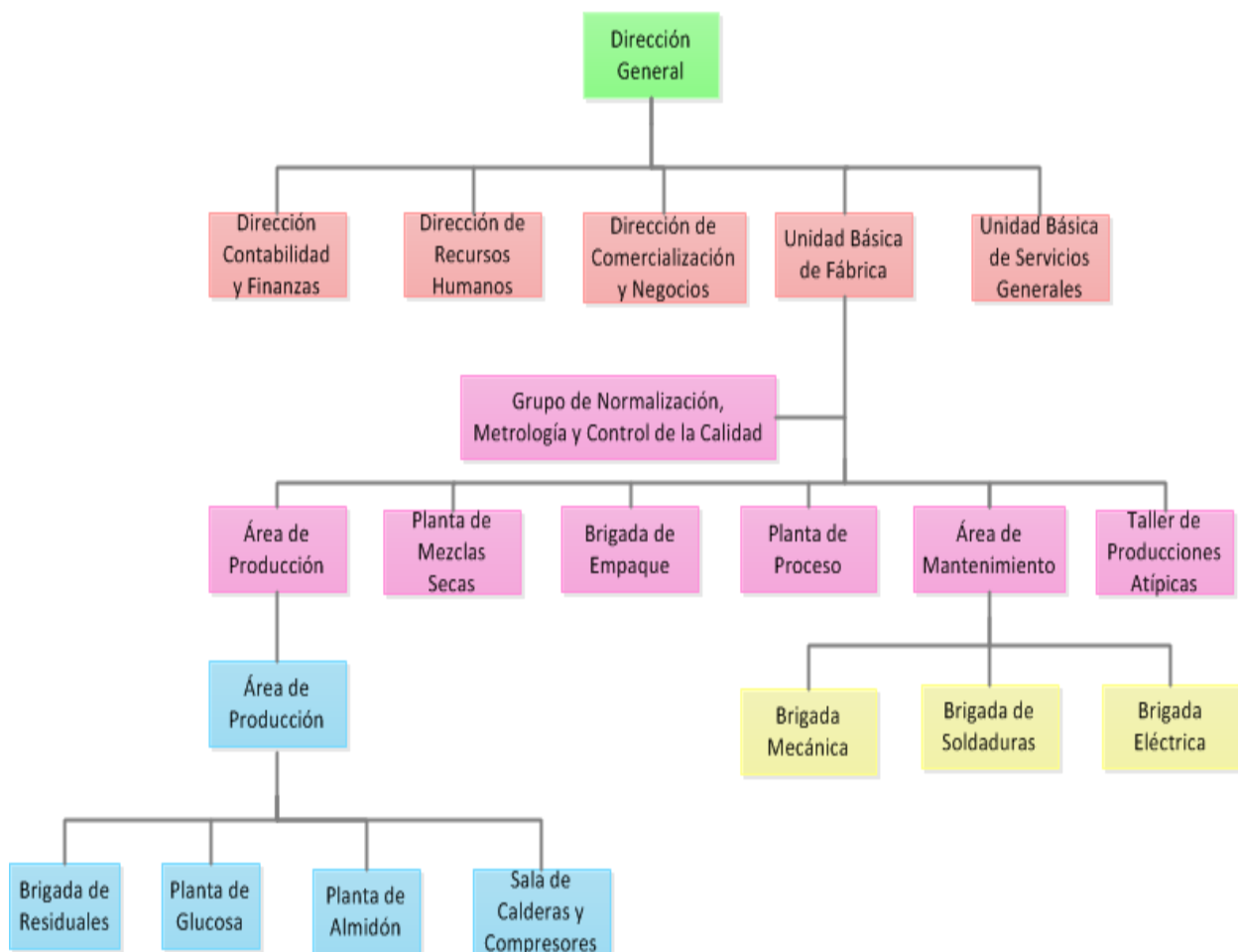


Figura 1: Organigrama jerárquico de la UEB Glucosa Cienfuegos.

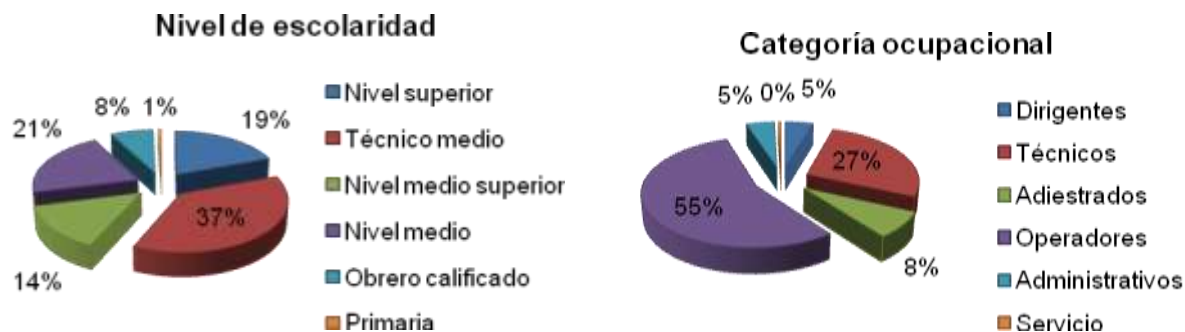


Gráfico 1: Cantidad de trabajadores por nivel de escolaridad y categoría ocupacional.

Aspectos Productivos y Económicos

En la **Tabla 1** se muestra la amplia gama de productos comercializados con la marca Gydema por la UEB Glucosa Cienfuegos, mientras que en la **Figura 2** se presentan los principales suministradores de la materia prima utilizada en los procesos tecnológicos de almidón y glucosa y los consumidores de sus producciones.

Tabla 1: Producciones fundamentales y alternativas.

Producciones fundamentales	- Almidón de maíz - Glucosa - Sirope de glucosa por la vía ácida - Sirope de glucosa por la vía enzimática
Subproductos	- Germen - Forraje - Gluten - Licor de remojo - Lodos residuales
Producciones alternativas	- Natillas saborizadas 180 g, 5 Kg y 30 Kg - Almidones saborizados de 180 g - Almidón de maíz de 180 g, 5 Kg y 30 Kg - Desayuno de chocolate - Mezcla para panetela - Mezcla para arepas



	 Sirope para refrescos en formatos de 1 L, 5 L y 20 L
	 Polvo para hornear
	 Mezcla proteica (alimento animal)
	 Concentrado de corteza de mango (VIMANG)
	 Elementos de goma

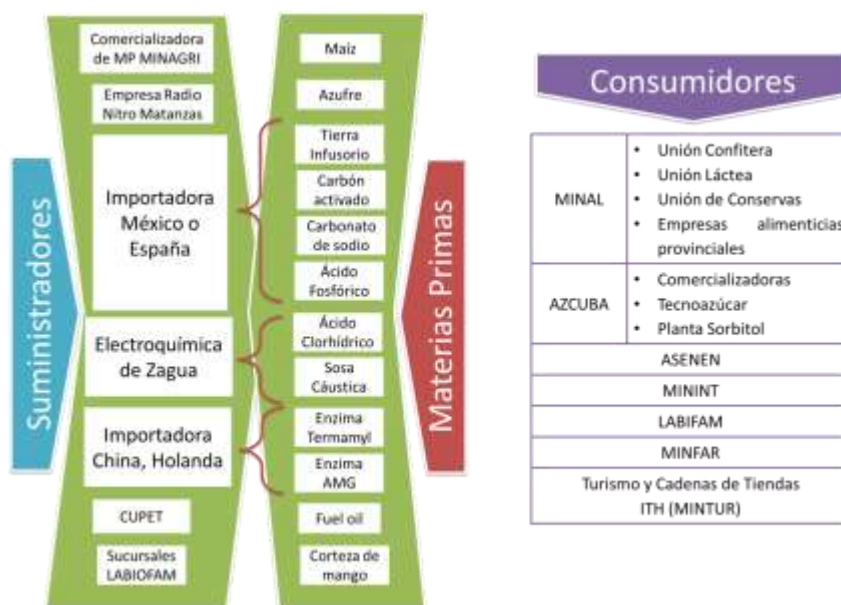


Figura 2: Suministradores de la materia prima utilizada y consumidores de la empresa.

Al realizar un análisis del comportamiento de la producción en el período 2011-2012 que se muestra en la **Tabla 2**, se observa que se han presentado cambios en el volumen productivo principalmente en los productos fundamentales, como la glucosa por vía ácida y enzimática que disminuye en el año 2012 y el almidón de 20 kg aumenta en el período en cuestión. Además en el año 2012, se hacen más diversos los surtidos y existe un aumento en el cumplimiento de los planes de los productos fundamentales. Se observa además que la empresa no cumple el plan de producción de la mayoría de sus productos, lo que puede estar dado en mayor medida por afectaciones en el proceso tecnológico.



Tabla 2: Comportamiento de la producción en el período 2011-2012. **Fuente:** Elaboración propia a partir del informe de producción balance 2012.

Producto	Plan 2011 (t)	Real 2011 (t)	Plan 2012 (t)	Real 2012 (t)
Glucosa Acida	900,60	747,47	440,00	377,29
Glucosa Enzimática	1070,0	590,08	1130,00	166,38
Almidón 20 Kg	1784,33	1047,71	1025,27	1311,36
Almidón de 10Kg	-	73,09	0,00	100,76
Almidón 5 Kg	144,00	12,54	143,94	62,94
Almidón de 180 g	120,00	19,749	0,00	0,00
Almidón de Chocolate 180 g	27,00	17,678	5,50	2,03
Almidón de otro sabor 180 g	27,00	0,0	5,50	22,18
Natilla Saborizada 30 Kg	755,00	926,352	879,00	545,56
Natilla chocolate 30 Kg	-	-	100,00	259,79
Natilla Saborizada 5 Kg	12,00	-	12,00	12,21
Natilla chocolate 5 Kg	12,00	-	12,00	20,64
Natilla de otro sabor 180 g	13,00	33,439	40,50	0,00
Natilla chocolate 180 g	-	-	38,50	0,00
Mezcla Proteica	750,00	961,94	1124,01	863,36
Mezcla Panetela 400 g	54,00	14,00	55,08	43,51
Mezcla Arepas 230 g	32,00	5,127	32,64	25,59
Polvo de Hornear 20 Kg	12,00	11,864	9,45	19,14
Polvo de Hornear 180 g	18,00	1,074	18,36	2,96
Desayuno 500 g	44,00	14,984	44,88	17,44
Desayuno 250 g	44,00	3,259	44,88	0,00
Sirope Saborizado	313,00	449,162	314,20	295,31
Gluten	493,17	25,10	454,45	5,08
Vimang	115,50	103,17 2	117,80	115,23
Lodo	2310,00	649,632	2130,00	4963,95
Germen	211,37	122,728	53,02	172,50
Forraje	845,44	495,30	0,00	406,19
Pasta de tomate	-	-	0,00	32,58
Sirope Saborizado 20 Lts	-	-	0,00	50,87
Sirope Saborizado 5 Lts	-	-	0,00	87,76
Sirope Saborizado 1 Lt	-	-	0,00	4,56
TOTAL	10107,41	5879,45	8230,98	9987,17

En el **Gráfico 2** se muestra una representación de cómo se distribuyen las producciones de la entidad en el 2012, de la cual se observa que la mayor representatividad la tienen el Lodo y el Almidón 20 kg. Resulta importante aclarar que el lodo es un residual que se obtiene luego del tratamiento de los residuales y este se vende como alimento animal, no siendo así el almidón 20 kg el cual es una de las producciones fundamentales de la entidad, estas producciones representan una fuente muy importante de ingresos para la entidad.

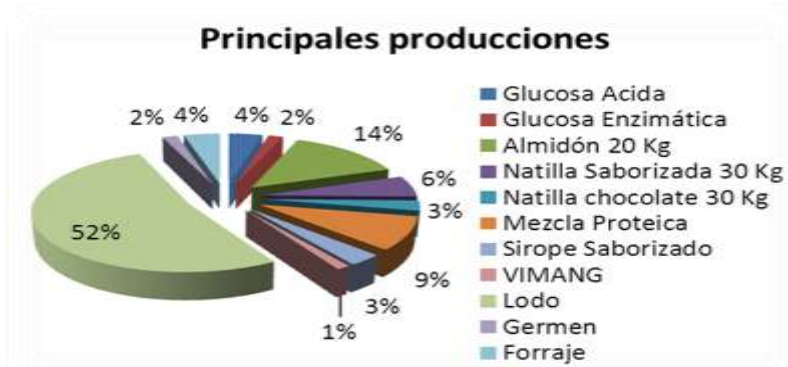


Gráfico 2: Representación de las producciones fundamentales en el año 2012.

Según los indicadores económicos del año 2012 que se muestran en la **Tabla 3** la empresa supera los planes económicos ya que se registran utilidades en el orden de los 443,7 miles de pesos contra un plan de 305,0 MP de utilidad, cumpliéndose el plan a un 145%. Los indicadores producción bruta y producción mercantil se sobrecumplen, al igual que la relación salario medio/productividad.

Tabla 3: Indicadores económicos Empresa Glucosa Cienfuegos en el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia a partir del Balance económico de la Empresa.

Indicador	UM	Plan 2011	Real 2011	% Cumpl.
Producción Bruta	Ton	4145,4	4519,8	109
Producción Bruta	MP	4148,5	4394,8	106
Producción Mercantil	MP	3578,5	3724,6	104
Ventas Totales	MP	3578,5	3724,6	104
Ventas en Divisa	MP	100	188,7	189
Total de Ingresos	MP	3703,8	3864,7	104
Total de Gastos	MP	3398,8	3421	101
Utilidad o (pérdida)	MP	305	443,7	145
Ingresos del Comedor	MP	124	123,6	100
Gastos del Comedor	MP	124	119	96
Utilidad o (pérdida) del comedor	MP	-	4,6	-
Costo/Peso de Comedor	P	1	0,96	96
Fondo de Salario Total	MP	695,4	769,8	111
Promedio de Trabajadores Total	Unid	210	178	85
Gasto Material	MP	1607,7	2392,2	149
Servicios Comprados	MP	191,3	282,3	148
Valor Agregado	MP	1454,7	1720,3	118
Productividad	P	6927	9665	139
Salario Medio	P	3311	4325	131
Correlación Salario Medio/Productividad	P	0,8	0,94	118



Macrolocalización y microlocalización de la empresa

La UEB Glucosa Cienfuegos se encuentra localizada en la Zona Industrial No. 2 del Reparto Pueblo Griño, en el municipio cabecera la provincia de Cienfuegos; toda la zona de emplazamiento está comprometida con el desarrollo urbano social e industrial de la provincia. La edificación se encuentra alejada del mar a 1000m al Noreste de la Ensenada del Inglés, a 200m al Norte de la Circunvalación y a 200m al Oeste de la Fábrica de Hielo. La empresa se encuentra delimitada hacia el Norte con la Empresa DIVEP, por el Sur con la Circunvalación y el asentamiento poblacional de Pueblo Griño, al Este con la Fábrica de hielo, Almacenes de Productos Frescos y con la Línea de Ron HRL y por el Oeste con la Carpintería en Blanco, el Taller de Ómnibus Escolares y la calle 63.

La empresa ocupa un área total de 38 468,76 m² y un área techada de 9 598 m², está compuesto de un conjunto de objetos de obra divididos según el sistema estructural en objetos de hormigón armado prefabricado o “in situ” con cubierta pesada, objetos ejecutados a base de sistemas prefabricados de naves industriales con cubierta ligera y objetos conformados totalmente con estructuras metálicas y cubiertas ligeras. Las coordenadas en las que se ubicada la empresa y una imagen de su localización se puede apreciar en la **Figura 3**.



Figura 3: Imagen y localización de la UEB Glucosa Cienfuegos.



Anexo 26: Aspectos ambientales de la UEB Glucosa Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la Empresa.

Situación Ambiental en la UEB Glucosa Cienfuegos

1. Antecedentes

Los problemas ambientales ocasionados por la UEB Glucosa Cienfuegos, tienen su origen desde la propia puesta en marcha de esta empresa. Luego, producto a la situación que ha venido afrontando el país con relación al mercado internacional, esta empresa se ha visto seriamente afectada en la adquisición de nuevas tecnologías para sus procesos productivos, lo que trae consigo que los residuos generados por sus producciones principales cada día sean mayores debido en lo fundamental a los derrames producidos por roturas imprevistas de los diferentes equipos.

2. Situación ambiental actual

La UEB Glucosa Cienfuegos, involucrada en un proceso de perfeccionamiento de su gestión, cuenta con una Estrategia Ambiental desde el año 2009 que se materializa en planes de acción a corto, mediano y largo plazo, la cual resulta insuficiente para resolver los problemas ambientales que ocasiona.

Según la Estrategia Ambiental del Ministerio de la Industria Alimenticia los principales problemas ambientales que presenta el MINAL en el país y, de los cuales la Empresa Glucosa no está exenta y se encuentran reflejados en su estrategia ambiental son:

1. Contaminación de las aguas terrestres y marinas por el vertimiento de los residuales líquidos industriales.
2. Contaminación de la atmósfera: por emanaciones de gases, polvo, hollín y malos olores.
3. Elevado consumo de agua, recurso natural más importante que maneja el MINAL.

Lo anterior se corrobora mediante estudios e informes de las autoridades ambientales del territorio sobre los problemas detectados en esta entidad.

2.1 Caracterización de los residuales en la UEB Glucosa de Cienfuegos

El sistema de tratamiento de los residuales líquidos de la UEB Glucosa de Cienfuegos desde el inicio de la producción fabril ha estado sometido a cambios y en la actualidad solo se realiza un tratamiento primario de los mismos. El agua residual pasa por la cámara de rejillas y los desarenadores donde son separados los sólidos groseros, luego se realiza la adición de cal, seguido de un proceso de sedimentación primaria. El líquido extraído de la sedimentación se vierte al medio luego de pasar por la cascada, que permite la oxigenación del mismo.



Actualmente la disposición final de las aguas residuales de esta industria se realiza por medio de una tubería colectora de 1 500 m de longitud que tributa hacia el Arroyo Inglés, a unos 20 m de su desembocadura en la Bahía de Cienfuegos. Estos residuales una vez vertidos en la cañada se conducen libremente por un trayecto de aproximadamente 30 m, hasta que se mezclan con los residuales albañales del Reparto Pueblo Griño. Esta mezcla de residuales líquidos es usada en el fértil-riego de áreas destinadas al cultivo de arroz en la zona próxima a la Bahía de Cienfuegos.

Los resultados recientes de la caracterización de las aguas residuales de dicha industria, efectuada por el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC) se presentan en la **Tabla 1**. Donde se resumen las mediciones en los puntos de muestreo 1 y 2, la carga contaminante aportada a la Bahía de Cienfuegos, las razones entre el punto 1 y el punto 2 y entre el punto 1 y el Límite Máximo Permisible Promedio (LMPP), así como entre el punto 2 y el Límite Máximo Permisible Promedio. Estando ubicado el punto 1 a la salida del residual de la planta de tratamiento de la empresa y el punto 2 corresponde a la muestra tomada unos 15 m aguas debajo de la mezcla del residual con los albañales del Reparto de Pueblo Griño, justamente en la zona más cercana a las áreas donde se utiliza como fértil-riego en el plantío de arroz.

Para comprender el alcance del problema de contaminación provocado por la descarga de los residuales líquidos de la UEB Glucosa de Cienfuegos, se exponen en la última columna de la **Tabla 1** las especificaciones para el vertimiento que deben cumplir las aguas residuales de dicha industria según la NC 27:2012, la cual regula el vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado, siendo esta norma por la cual se rige la empresa.

Tabla 1: Caracterización de los residuales de la UEB Glucosa Cienfuegos. **Fuente:** Informe del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos CEAC (2011).

Variable medida	Punto 1	Carga kg/d	Punto 1/ LMPP	Punto 2	Punto 1/ Punto2	Punto 2/ LMPP	LMPP
S. S (mg/L)	660	121	-	110	6	-	-
ST (mg/L)	2 340	431	-	1 070	2,2	-	-
SV (mg/L)	660	121	-	105	6,3	-	-
SD (mg/L)	1 680	309	-	960	1,8	-	-
DQO (mg/L)	6 800	1 251	97	960	7,1	13,7	70
NTK (mg/L)	82,3	15	16,5	10,36	7,9	2,1	5
DBO ₅ (mg/L)	3 150	580	105	475	6,6	15,8	30
DBO ₅ :DQO	0,4632	-	-	0,4948	-	-	-



PT (mg/L)	42.9	7,8	21,5	118	0,4	59	2
G. y A. (mg/L)	<LC	-	-	<LD	-	-	10
Fenoles (mg/L)	<LC	-	-	<LC	-	-	-
Sulfatos(mg/L)	12.16	2,2	-	1,52	8	-	-
CE(μ S/cm)	1496	-	1.1	998	1.5	0.71	1400
PH	3,96	-	-	6,58	-	-	6.5-8.5

Donde, según NC 27:2012, se tiene:

LMPP: Límite Máximo Permisible Promedio

S. Susp.: Sólidos Suspendidos

ST: Sólidos Totales

SV: Sólidos Volátiles

SD: Sólidos disueltos

DQO: Demanda Química de Oxígeno

DBO₅: Demanda Biológica del Oxígeno

NTK: Nitrógeno total Kjeldahl

PT: Fósforos Totales

G. y A.: Grasas y Aceites

Sulf. T.: Sulfatos Totales

CE: Conductividad Eléctrica

LC: Límite de Cuantificación

Al analizar los resultados obtenidos, se aprecia que el residual líquido de la UEB Glucosa Cienfuegos es ácido, con abundante contenido de sólidos totales y rico en materia orgánica de naturaleza biodegradable. El 28 % de los sólidos totales presentes están en forma suspendida, sin embargo el 72 % están en forma disuelta. La presencia de sólidos suspendidos en el agua limita la entrada de luz a las capas más profundas y por tanto afecta al desarrollo de la biota acuática.

Los valores de las variables medidas en el punto 1 son superiores a lo establecido en la NC 27:2012, excepto las grasas y aceites y el índice de fenoles que registran valores por debajo del límite de cuantificación (16 mg/L y 0,1 mg/L, respectivamente). Indicadores que representan el contenido de materia orgánica en el residual (DQO y DBO₅), registran valores aproximadamente 100 veces superiores a lo establecido por la NC (segunda columna de la **Tabla 1**). En la tercera columna de la tabla, se reportan las cargas dispuestas al entorno por este residual (expresadas en kg/día). Se puede analizar además que, la carga de DBO₅ aportada en un día por esta industria representa una población equivalente de 11904 habitantes, según el criterio establecido en la “Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante” del CITMA.

Las razones Punto 1/Punto 2 (sexta columna de la **Tabla 1**) son superiores a la unidad, solamente en el caso del fósforo la razón fue menor que uno. Los resultados demuestran que la unión de estos residuales con los albañales de Pueblo Griffo mejoran sus características. Las



diluciones producidas por esta mezcla disminuyen los valores de la mayoría de las variables estudiadas en un intervalo entre 6 y 8 veces, pero esta mejoría no elimina el incumplimiento de la NC 27:2012, como se puede observar en la razón Punto 2/LMPP (séptima columna de la **Tabla 1**).

El vertimiento con materia orgánica elevada a la Bahía produce agotamiento del oxígeno disuelto lo cual ocasiona un predominio de especies anaeróbicas, afectando por tanto la biodiversidad. Además, cuando se termina el oxígeno disuelto en el agua comienza la reducción de los sulfatos (abundantes en el agua de mar) y se producen sulfuros que provocan un olor desagradable en la zona afectada a la entrada de la ciudad de Cienfuegos. Se puede señalar también que al presentar este residual elevados valores de nitrógeno y fósforo puede provocar eutrofización en los cuerpos de agua donde es vertido. La eutrofización es el crecimiento masivo de plantas acuáticas y afecta la biodiversidad.



Anexo 27: Formación del equipo de trabajo en la Empresa de Productos Lácteos “Escambray” y UEB Glucosa Cienfuegos. **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 selecciona dos 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 para la Gestión de la 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. 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.

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.



Tabla 1: Listado de expertos.

Empresa de Productos Lácteos “Escambray”	No.	Nombre del experto	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

UEB Glucosa Cienfuegos	E1	MSc. Jaime García Zamora	Especialista B de Mantenimiento UEB Glucosa
	E2	MSc. Martha B. Yanes García	Tecnólogo A. de Procesos UEB Glucosa
	E3	Tec. Medio Rafael López Quiñones	Jefe de Producción
	E4	Tec. Medio Rosario Cabrera Alonso	Especialista de Calidad
	E5	MSc. Johanka Moya Monteagudo	Especialista Principal I+D
	E6	Tec. Medio A. Hernández Hernández	Jefe de Laboratorio
	E7	MSc. Fernando Sarría Quesada	Jefe de Unidad de Logística
	E8	Tec. Medio Yaima Lima García	Especialista Financiero

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.

Empresa de Productos Lácteos “Escambray”	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	$0,2+0,5+2(0,05)+0,03+0,04=0,87$	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	$0,2+0,5+2(0,03)+2(0,05)=0,86$	0,88	Alta
	E5	0.6	$0,2+0,5+2(0,03)+2(0,04)=0,84$	0,72	Media
	E6	0.7	$0,2+0,5+2(0,03)+2(0,04)=0,84$	0,77	Media
	E7	0.8	$0,3+0,5+2(0,03)+0,05+0,04=0,95$	0,875	Alta
	E8	0.8	$0,2+0,4+0,03+3(0,04)=0,75$	0,775	Media



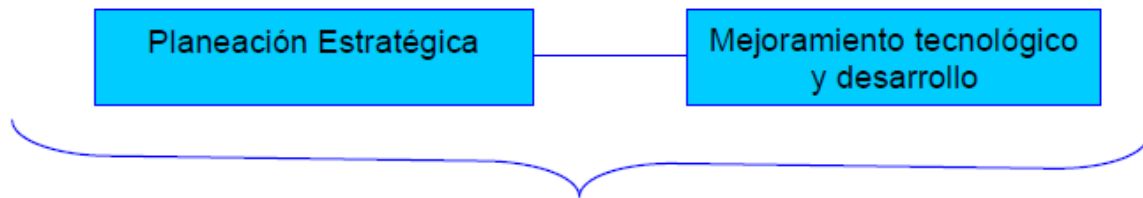
UEB Glucosa Cienfuegos	E1	0.7	$0.2+0.5+0.05+3(0.04)=0.87$	0.785	MEDIA
	E2	0.9	$0.2+0.5+0.05+0.04+2(0.05)=0.89$	0.895	ALTA
	E3	0.9	$0.1+0.5+0.04+0.03+2(0.05)=0.77$	0.835	ALTA
	E4	0.9	$0.1+0.5+2(0.03)+0.04+0.05=0.75$	0.825	ALTA
	E5	0.9	$0.2+0.5+0.05+0.04+2(0.05)=0.89$	0.895	ALTA
	E6	0.7	$0.1+0.4+2(0.03)+2(0.04)=0.64$	0.67	MEDIA
	E7	0.9	$0.1+0.5+3(0.04)+0.05=0.77$	0.835	ALTA
	E8	0.7	$0.1+0.2+3(0.03)+0.04=0.53$	0.615	MEDIA

En este caso se cuenta con la cantidad de 8 expertos para cada empresa objeto de estudio en el rango de clasificación entre alta y media.

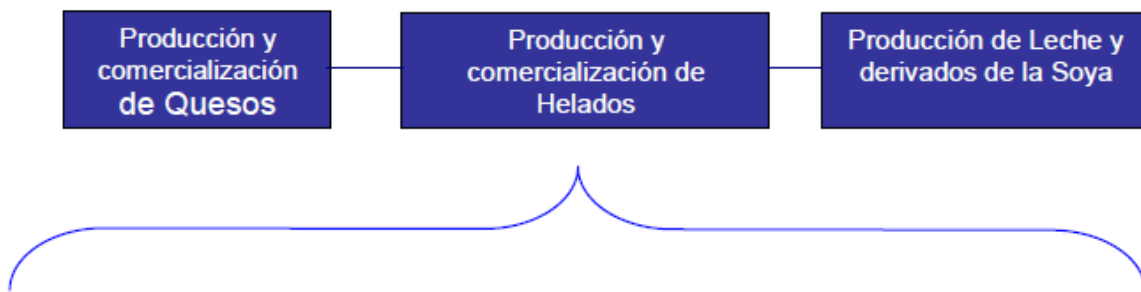


Anexo 28: Mapa general de procesos de la Empresa de Productos Lácteos "Escambray" según clasificación procesos estratégicos, productivos y de servicios. **Fuente:** Ricardo Cabrera (2009).

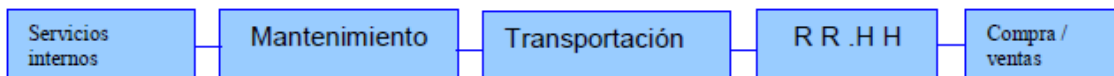
Procesos Estratégicos



Procesos Claves



Procesos de Apoyo





Anexo 29: Mapas de procesos claves de la Empresa de Productos Lácteos "Escambray".

Fuente: Ricardo Cabrera (2009).

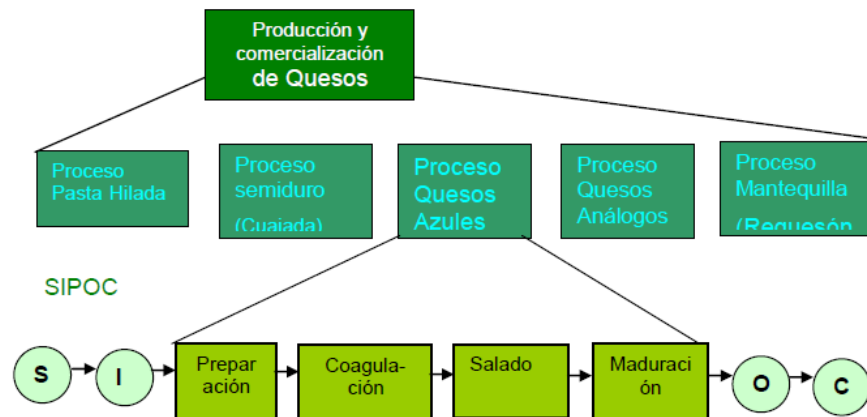


Figura 1: Mapa del proceso clave Producción y comercialización de quesos.

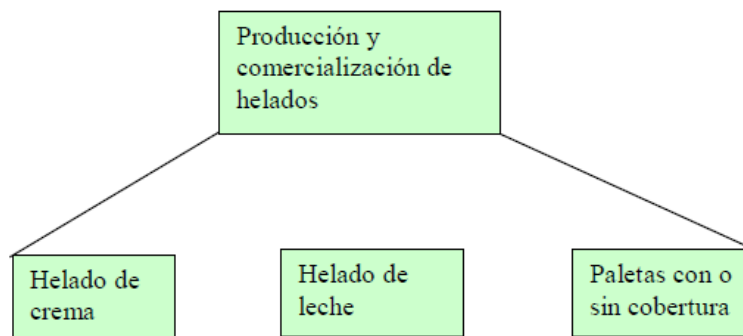


Figura 2: Mapa del proceso clave Producción y comercialización de helados.

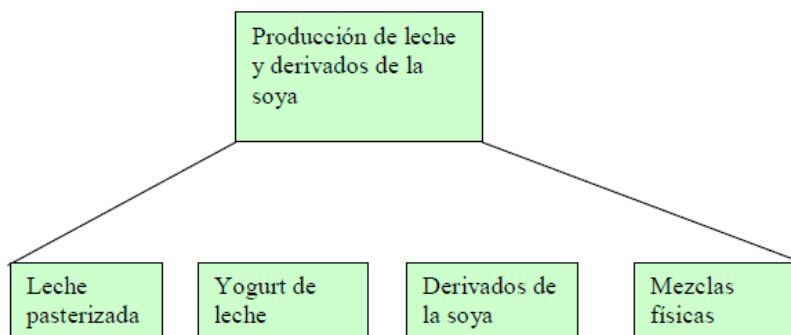


Figura 3: Mapa del proceso clave Producción de leche y derivados de la soya.



Anexo 30: 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.

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 66-68Bx 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 la 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 enfriara 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.

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 liquida producto de la acción del estabilizador. Además,



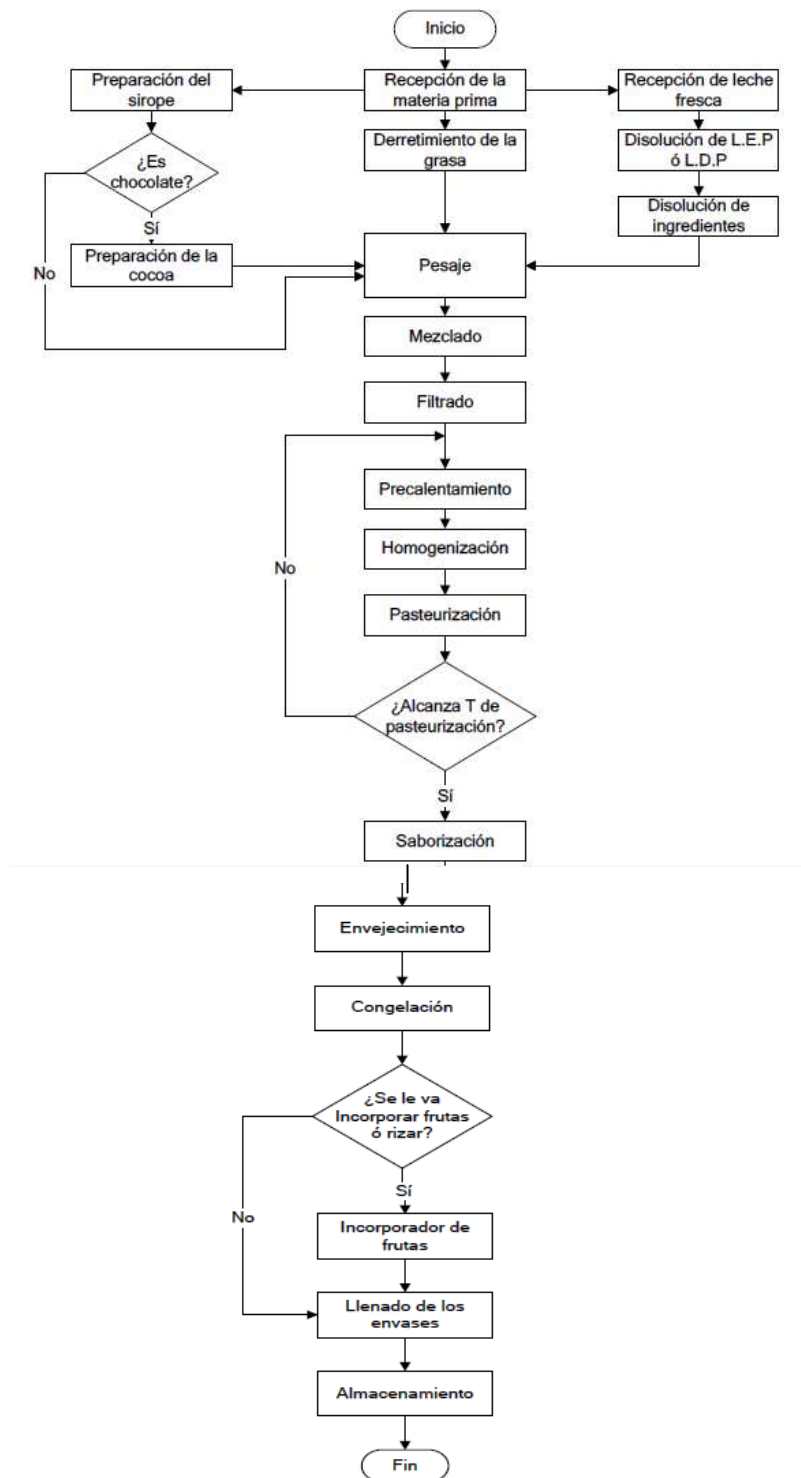
permite la hidratación de las proteínas para darle suavidad, textura y disminuir el derretimiento del helado. La temperatura en el tanque de envejecimiento debe permanecer entre los 4-6°C, debido a la acción de los agitadores, los que mantienen homogénea la temperatura de los mismos para evitar el aumento 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 -62°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 .

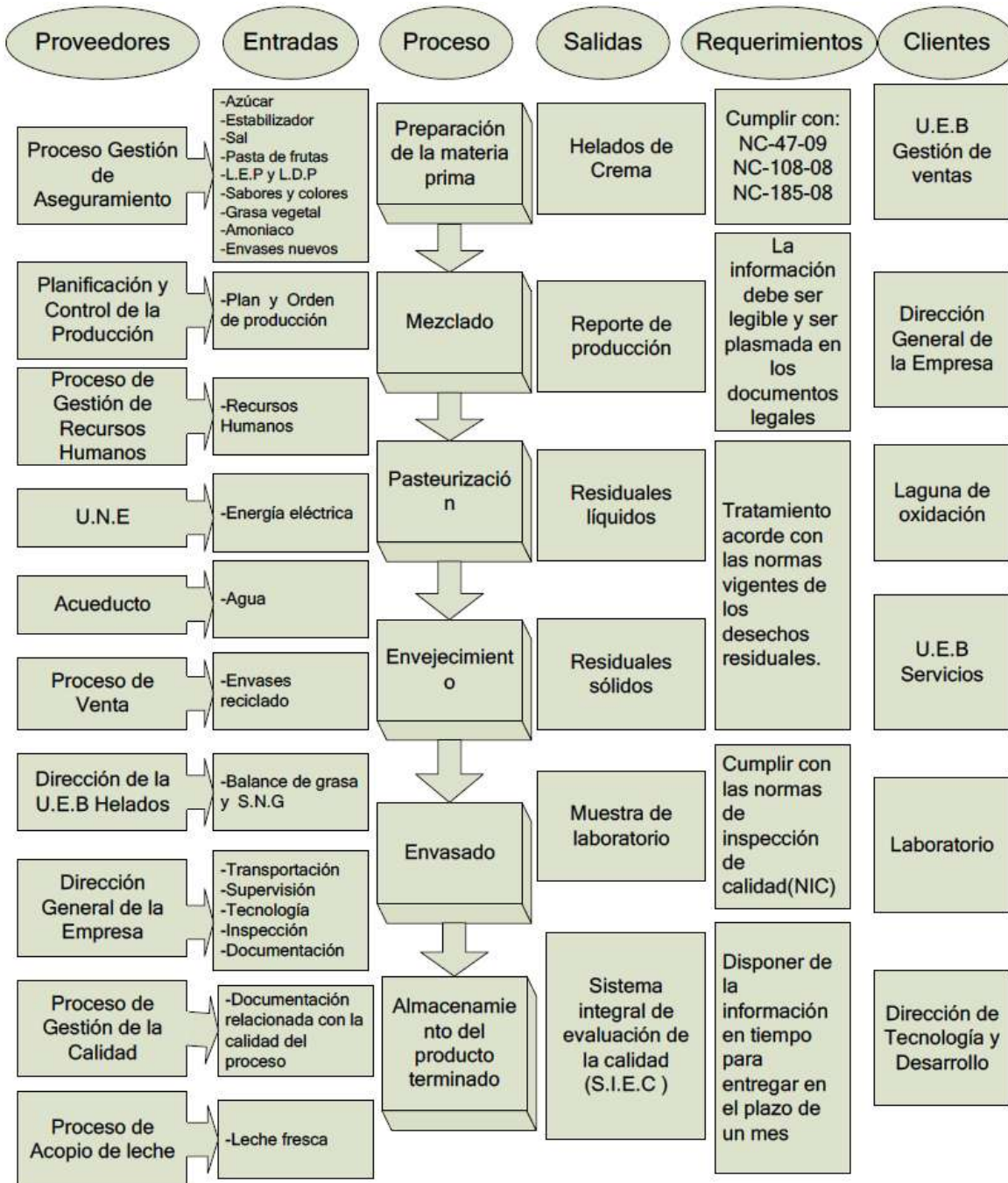


Anexo 31: Diagrama de Flujo del proceso de producción de Helados de Crema. **Fuente:** Becerra Pérez (2010).





Anexo 32: Diagrama SIPOC del proceso de Helados de Crema. **Fuente:** Becerra Pérez (2010).



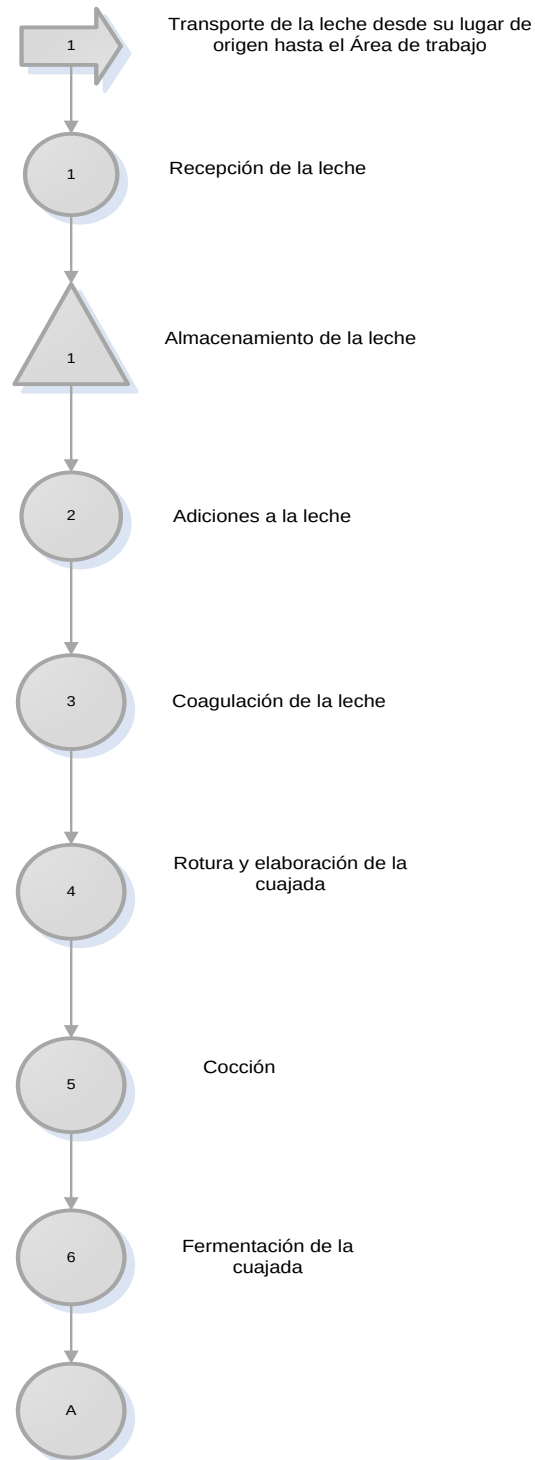


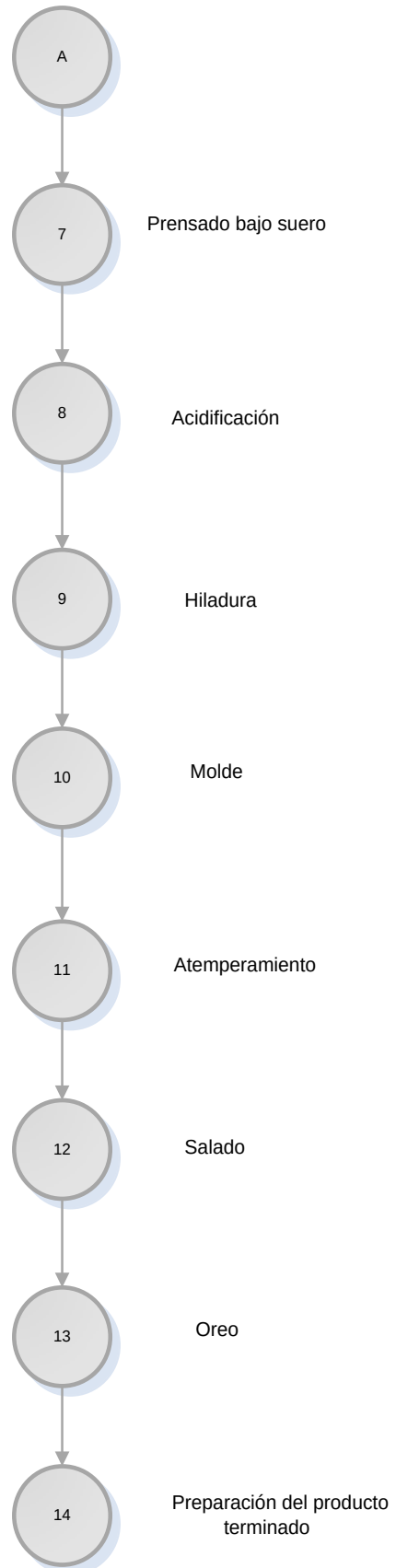
Anexo 33: Ficha del proceso de producción de Helados de Crema. **Fuente:** Becerra Pérez (2010).

		EMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS "ESCAMBRAY" CUMANAYAGUA – CIENFUEGOS	Ficha de Proceso
PROCESO: PRODUCCIÓN DE HELADOS DE CREMA.		PROPIETARIO: DIRECTOR DE LA UEB HELADOS	
MISIÓN: 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.			
ALCANCE	• Empieza: Recepción de materias primas y materiales • Incluye: Recepción, preparación de las materias primas, mezclado, pasteurización, envejecimiento, envasado, almacenamiento producto terminado. • Termina: Con la entrega al almacén de producto terminado (nevera).		
Entradas: 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.			
Salidas: Helados de Crema, reporte de producción, residuales sólidos, residuales líquidos, registros de la producción, Sistema integral de evaluación de calidad (SIEC), muestras para ensayos.			
Clientes fundamentales: <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		Proveedores fundamentales: 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.	
		Variables de control: 1. Contaminación microbiológica 2. Productos no conformes para el consumo previsto. 3. Temperatura 4. Presión	
Interfaces: Sub procesos que conforman el proceso de producción de helados de crema, así como con los de mantenimiento, ATM, ventas y acopio de leche.			
Inspecciones: NEIAL 1601. 114: 2008 Instrucción SCC 2.04.01.07 Instrucción SCC 2.13.01.01 -1: 2006. Instrucción SCC 1.03 – 1: 2000		Indicadores del proceso: (1) - % de envases contaminados (2) - % de producto no conforme (3) - % del cumplimiento del contrato (4) - consumo de energía	



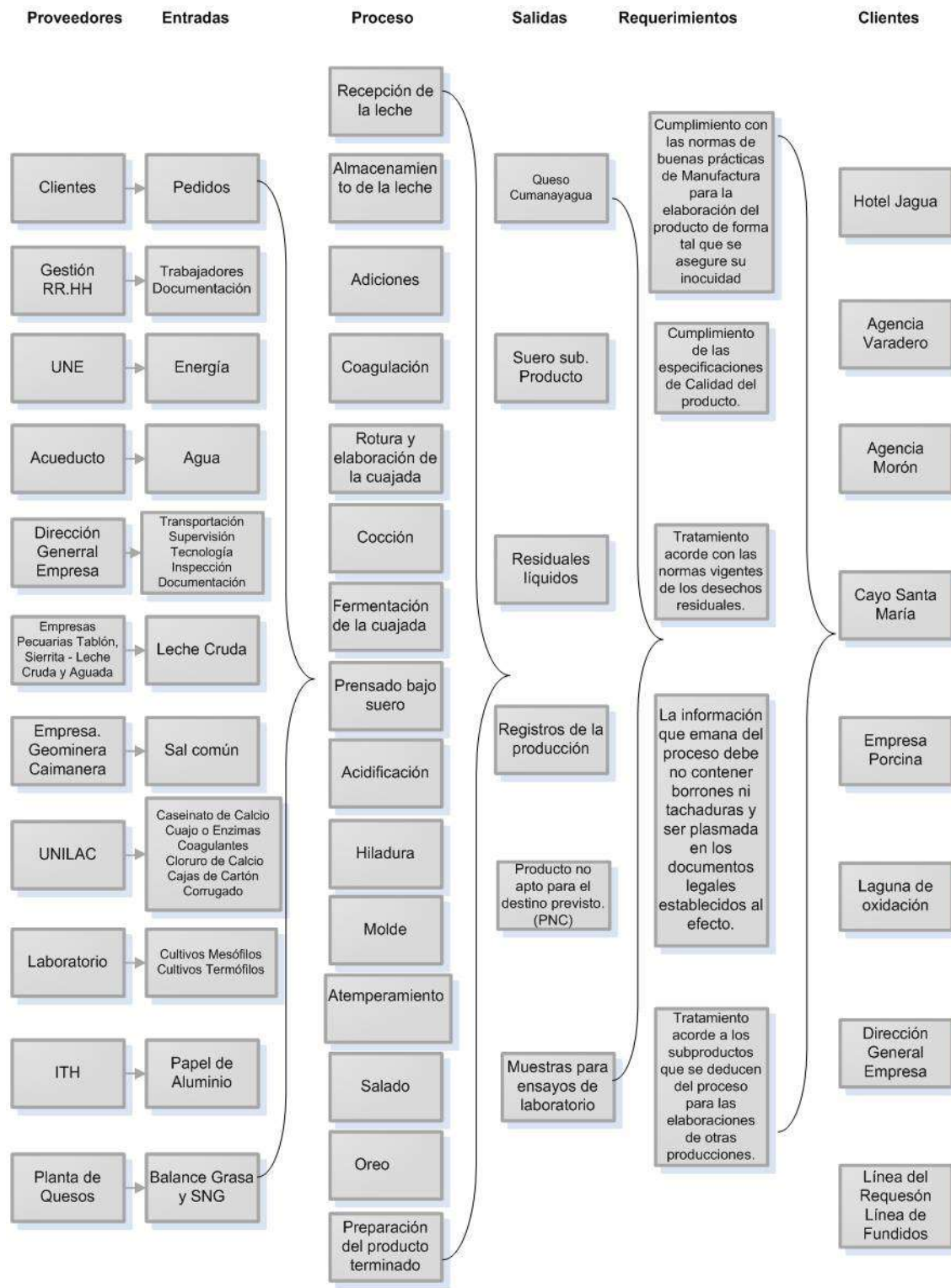
Anexo 34: Diagrama de Flujo del proceso de producción de queso Cumanayagua. **Fuente:** Elaboración Propia.







Anexo 35: Diagrama SIPOC del proceso de producción de queso Cumanayagua. **Fuente:** Elaboración Propia a partir de información brindada por la empresa.





Anexo 36: 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 31⁰C 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.



Anexo 37: 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.

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 ³ /t
	Temperatura: ambiente
Energía eléctrica	Corriente trifásica, 440V, 60Hz

Tabla 2: Caracterización cualitativa de las salidas del proceso de helado.

Salidas	Características
Producto Final	
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.

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
Energía eléctrica	Turbidez: no detectable a simple vista
	Densidad: 1.02327m ³ /t
	Temperatura: 45-500C
	Factor de viscosidad: 0.9787
Energía eléctrica	Corriente trifásica, 440V, 60Hz

Tabla 4: Caracterización cualitativa de las salidas del proceso de queso.

Salidas	Características
Producto Final	
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.
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.
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
Residuos sólidos	
Grasa	Recortes de papel aluminio
Cartón	Recortes de nylon
Sacos	-



Anexo 38: 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.

Mes	Agua (m³)	Energía eléctrica (MWh)	Diesel (m³)	Fuel Oil (m³)
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
Total	277510,0	5086,64	128,91	864,77

Tabla 2: Consumo de agua, portadores energéticos y producción en la planta de helado en el año 2012.

Mes	Producción de helado (t)	Agua (m³)	Energía eléctrica (MWh)	Diesel(m³)
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
Total	4215,50	30248,59	2194,151	128,91



Tabla 3: Consumo de portadores energéticos y producción en la Planta de queso en el año 2012.

Mes	Producción de queso (t)	Agua (m ³)	Energía eléctrica (MWh)	Fuel Oil (m ³)
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
Total	1350	163 175,88	2101,303	391,77



Anexo 39: Consumo de materias primas alternativas en la producción de helado para el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la empresa.

Tabla 1: Balance del consumo materias primas fundamentales en la planta de helado del año 2012.

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

Tabla 2: 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 Etílica	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



Anexo 40: Consumo de materias primas alternativas en la producción de queso para el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información brindada por la empresa.

Tabla 1: Balance del consumo materias primas fundamentales en la planta de queso del año 2012.

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)

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



Anexo 41: 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 (m³) desde enero-diciembre de cada una de las actividades que demandan este recurso natural en la planta de helado.

Desglose del consumo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
HELADO	140,7	165,82	140,49	149,28	162,77	179,18	173,5	167,96	181,81	158	155,16	145,89	1920,55
Caldera	175,87	207,27	175,61	186,6	203,47	223,97	216,88	209,95	227,26	197,5	193,95	182,36	2400,68
Reposición en condensador y bancos de hielo	35,17	41,45	35,12	37,32	40,69	44,79	43,38	41,99	45,45	39,5	38,79	36,47	480,14
Fregado de cubos	175,87	207,27	175,61	186,6	203,47	223,97	216,88	209,95	227,26	197,5	193,95	182,36	2400,68
Limpieza de piso y paredes	351,74	414,55	351,22	373,2	406,93	447,94	433,75	419,91	454,51	395	387,9	364,72	4801,36
Limpieza por fuera a equipos	351,74	414,55	351,22	373,2	406,93	447,94	433,75	419,91	454,51	395	387,9	364,72	4801,36
Limpieza interna de línea	562,79	663,27	561,96	597,11	651,09	716,7	694	671,86	727,22	631,99	620,64	583,55	7682,18
Área Comercial y Almacén	140,7	165,82	140,49	149,28	162,77	179,18	173,5	167,96	181,81	158	155,16	145,89	1920,55
Edificio admón. y comedor	140,7	165,82	140,49	149,28	162,77	179,18	173,5	167,96	181,81	158	155,16	145,89	1920,54
Baños de la planta	140,7	165,82	140,49	149,28	162,77	179,18	173,5	167,96	181,81	158	155,16	145,89	1920,55
TOTAL	2215,97	2611,64	2212,7	2351,13	2563,68	2822,01	2732,63	2645,43	2863,43	2488,47	2443,78	2297,72	30248,59



Tabla 2: Desglose del consumo de agua (m³) desde enero-diciembre de cada una de las actividades que demandan este recurso natural en la planta de queso.

Desglose del consumo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
QUESO	35,06	41,32	35	37,19	40,56	44,64	43,23	41,85	45,3	39,37	38,66	36,35	478,52
Esterilización de línea	175,28	206,58	175,02	185,97	202,78	223,22	216,15	209,25	226,49	196,83	193,3	181,75	2392,61
Fregado de Carros en transporte	1752,79	2065,76	1750,21	1859,7	2027,82	2232,16	2161,46	2092,49	2264,92	1968,33	1932,99	1817,45	23926,0
Limpieza de pisos	701,12	826,3	700,08	743,88	811,13	892,86	864,58	836,99	905,97	787,33	773,19	726,98	9570,43
Reposición de bancos de hielo	350,56	413,15	350,04	371,94	405,56	446,43	432,29	418,5	452,98	393,67	386,6	363,49	4785,21
Reposición de agua en condensadores	70,11	82,63	70,01	74,39	81,11	89,29	86,46	83,7	90,6	78,73	77,32	72,7	957,04
Proceso de coagulación de la leche	6941,06	8180,41	6930,81	7364,42	8030,18	8839,35	8559,38	8286,25	8969,09	7794,6	7654,62	7197,12	94747,2
Limpieza de cubas internas y moldes	736,17	867,62	735,09	781,07	851,69	937,51	907,81	878,84	951,27	826,7	811,85	763,33	10048,9
Limpieza de pipas	1051,68	1239,46	1050,12	1115,82	1216,69	1339,3	1296,88	1255,49	1358,95	1181	1159,79	1090,47	14355,6
Baños	105,17	123,95	105,01	111,58	121,67	133,93	129,69	125,55	135,9	118,1	115,98	109,05	1435,56
limpieza de neveras	35,06	41,32	35	37,19	40,56	44,64	43,23	41,85	45,3	39,37	38,66	36,35	478,52
TOTAL	11954	14088	11936	12683,1	13829,7	15223,3	14741,1	14270,7	15446,76	13424,0	13182,96	12395,04	163175

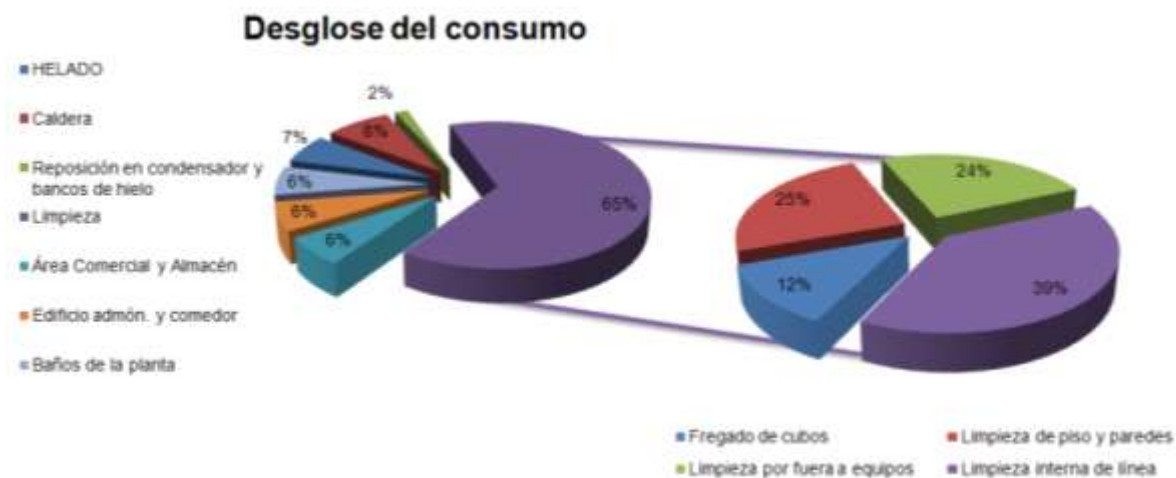


Gráfico 1: Mapa del consumo de agua en la planta de helado.

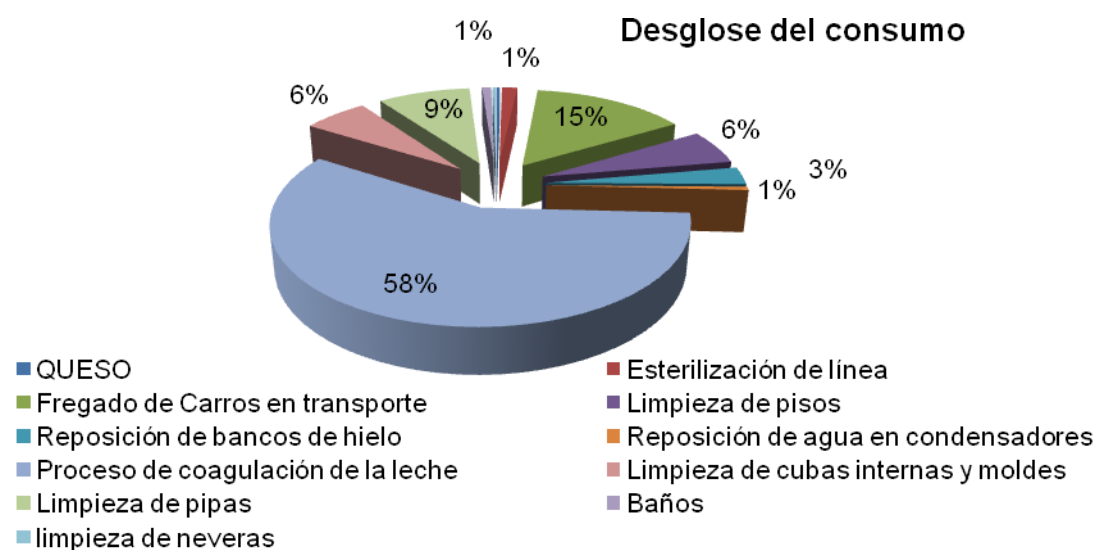


Gráfico 2: Mapa del consumo de agua en la planta de queso.



Anexo 42: Análisis de regresión entre las variables consumo de agua (m^3) y la producción de helado (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Variable dependiente: Consumo de agua en planta helado (m^3)

Variable independiente: Producción de helado (t)

Tabla 1: Comparación de Modelos Alternos.

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.

	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	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			

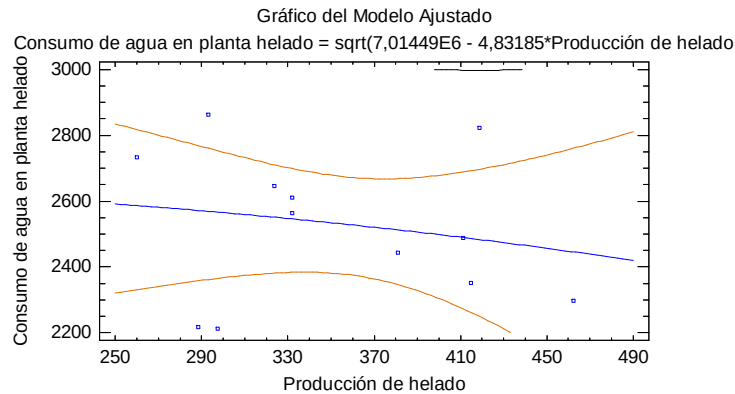


Figura 1: Modelo ajustado para consumo agua (m^3) Vs producción de helado (t).

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.

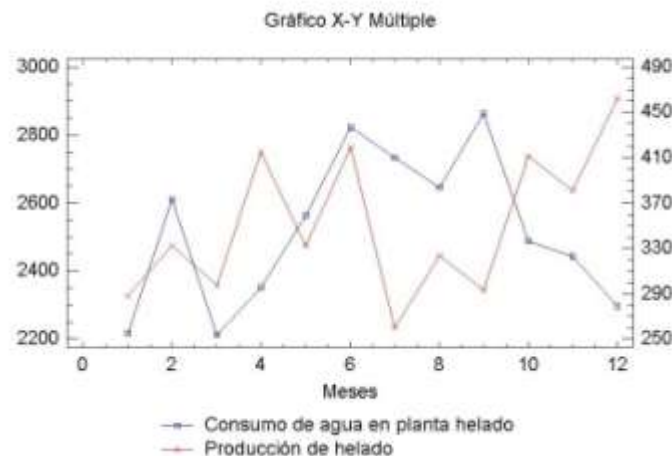


Figura 2: Comportamiento del consumo de agua (m^3) Vs producción de helado (t).

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 3**, 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.

	Normal
DMAS	0,104509
DMENOS	0,102995
DN	0,104509
Valor-P	0,999435

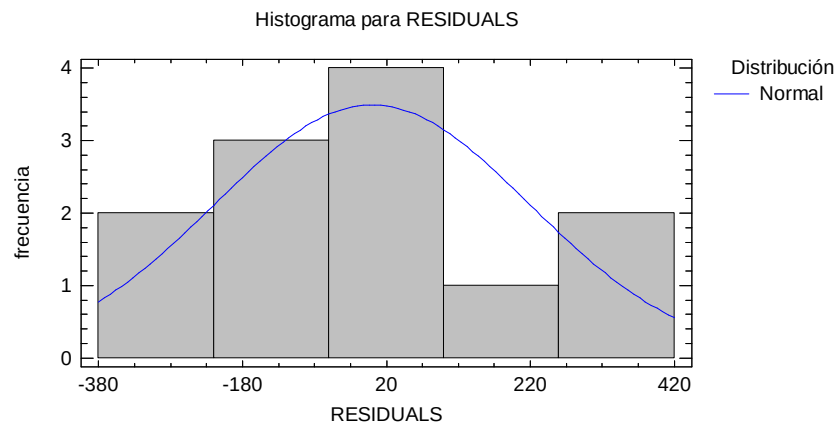


Figura 3: Histograma de frecuencia para residuales.

Media ($\bar{X} = 0$)

Se realiza la prueba de hipótesis para residuos donde los:

$$\bar{X} = -0,0000133333$$

Mediana muestral = 4,79232

$$\sigma = 219,243$$

Prueba t

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

$$\text{Estadístico } t = -2,10671E-7$$

$$\text{Valor-P} = 1,0$$

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).



Anexo 43: Análisis de regresión entre las variables consumo de agua (m^3) y la producción de queso (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Variable dependiente: Consumo de agua planta queso (m^3)

Variable independiente: Producción de queso (t)

Tabla 1: Comparación de Modelos Alternos.

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			

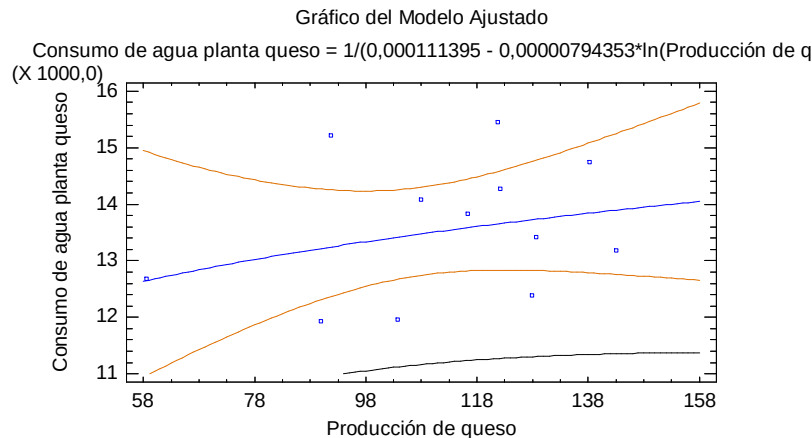


Figura 1: Modelo ajustado para consumo agua (m^3) Vs producción de queso (t).

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.

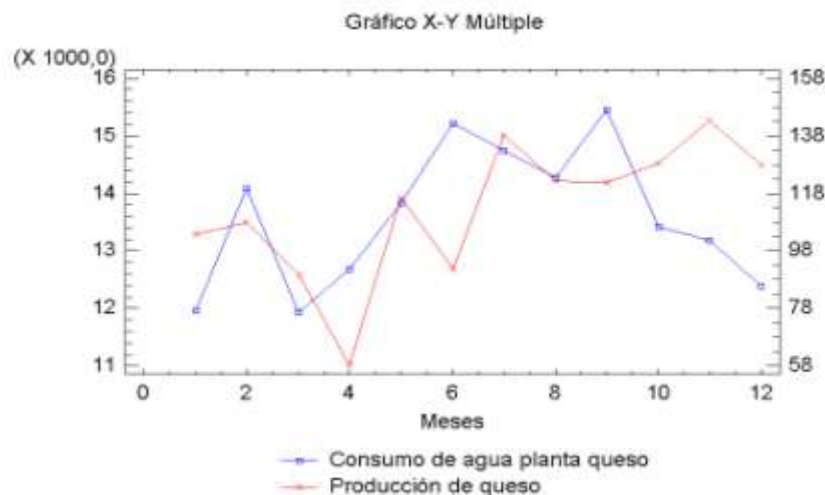


Figura 2: Comportamiento del consumo de agua (m^3) Vs producción de queso (t).

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 3**, 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.

	Normal
DMAS	0,138642
DMENOS	0,114353
DN	0,138642
Valor-P	0,975183

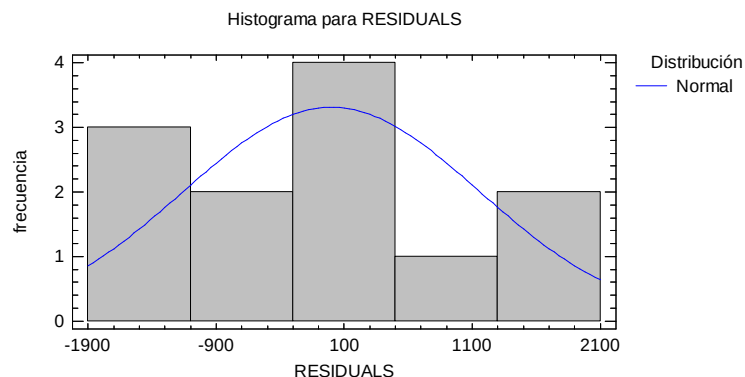


Figura 3: Histograma de frecuencia para residuales.

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.



Anexo 44: Análisis de regresión entre las variables consumo de energía eléctrica (MWh) y la producción de helado (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Variable dependiente: Consumo energía eléctrica en helado (MWh)

Variable independiente: Producción de helado (t)

Tabla 1: Comparación de Modelos Alternos.

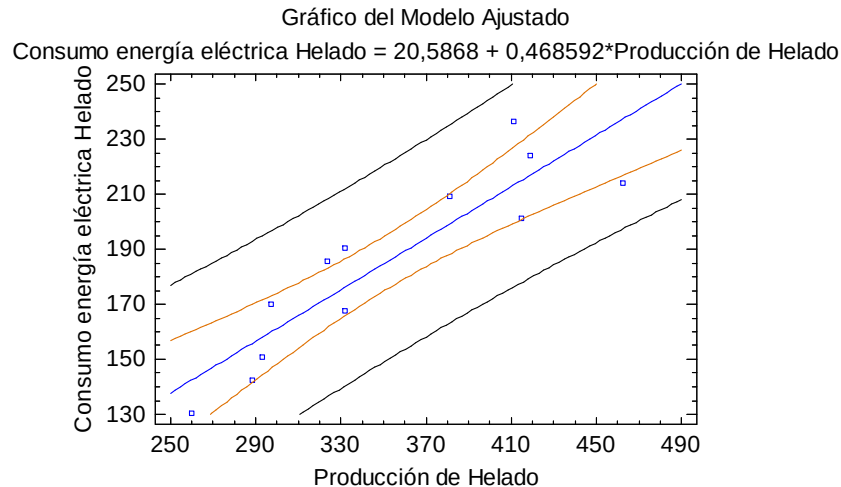
Modelo	Correlación	R-Cuadrada	Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Curva S	-0,9319	86,84%	Lineal	0,8993	80,87%
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0,9315	86,77%	Raíz Cuadrada de Y	0,8976	80,57%
Inversa de X	-0,9293	86,36%	Cuadrado de Y	0,8969	80,45%
Doble Inverso	0,9274	86,01%	Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	-0,8948	80,07%
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.

	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	Suma de Cuadrados	Gl	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			

**Figura 1:** Modelo ajustado para consumo de energía eléctrica (MWh) Vs producción de helado (t).

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.

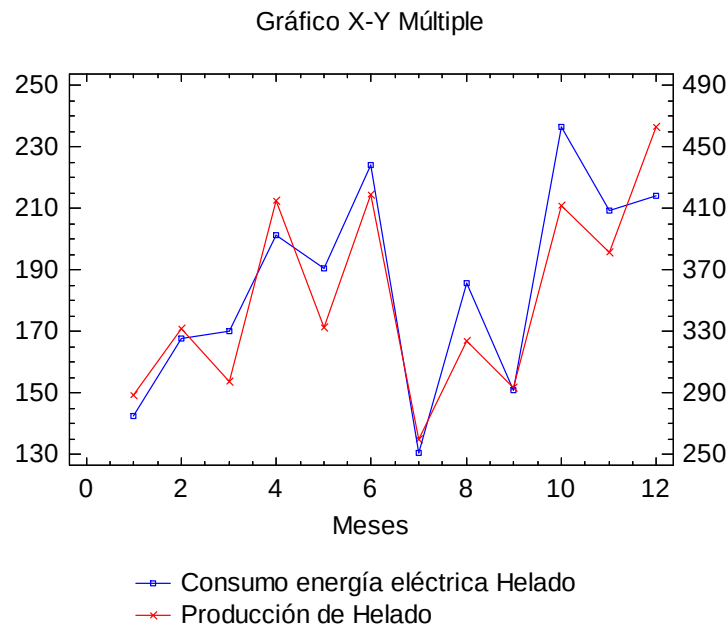


Figura 2: Comportamiento del consumo de energía eléctrica (MWh) Vs producción de helado (t).

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: $e \sim N(0, \sigma^2_{cte})$ 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 3**, 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.

	Normal
DMAS	0,137358
DMENOS	0,150672
DN	0,150672
Valor-P	0,948154

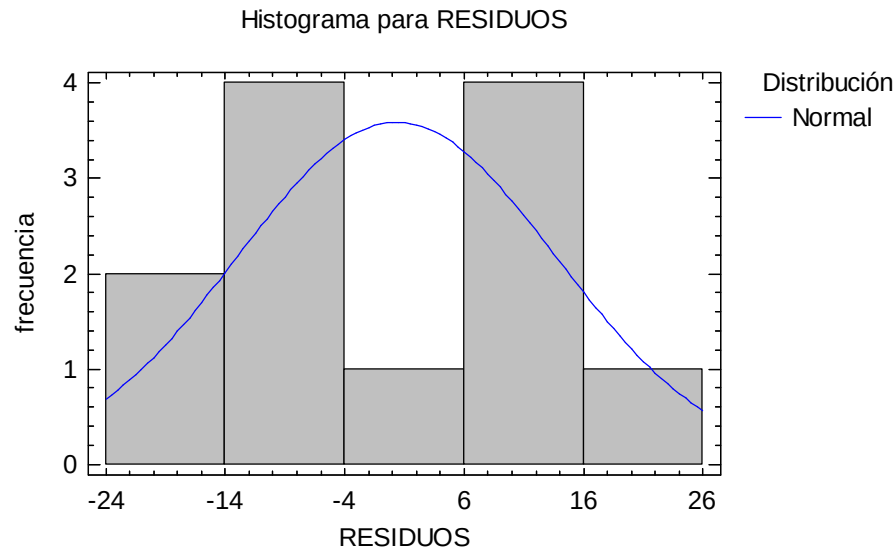


Figura 3: Histograma de frecuencia para residuales.

Media ($\bar{X} = 0$)

Se realiza la prueba de hipótesis para residuos donde:

$$\bar{X} = 0,341877$$

Mediana Muestral = 0,57997

$$\sigma = 13,3277$$

Prueba t

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

Estadístico t = 0,0888597

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.



Anexo 45: Análisis de regresión entre las variables consumo de energía eléctrica (MWh) y la producción de queso (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Variable dependiente: Consumo energía eléctrica queso (MWh)

Variable independiente: Producción de queso (t)

Tabla 1: Comparación de Modelos Alternos.

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.

	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	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			

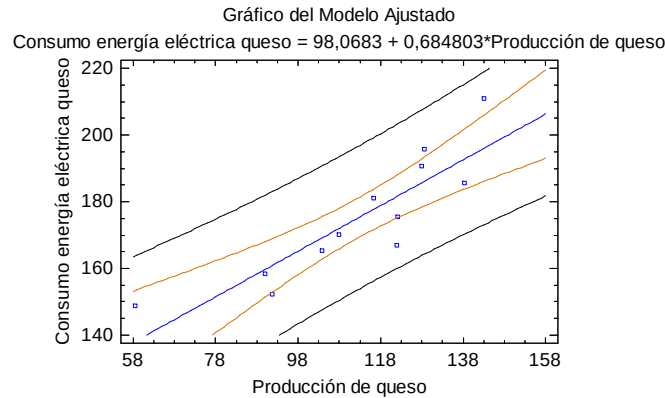


Figura 1: Modelo ajustado para consumo de energía eléctrica (MWh) Vs producción de queso (t).

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.

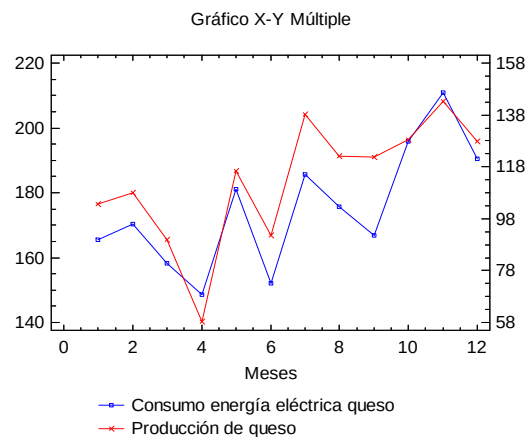


Figura 2: Comportamiento del consumo de energía eléctrica (MWh) Vs producción de queso (t).

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 3**, 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

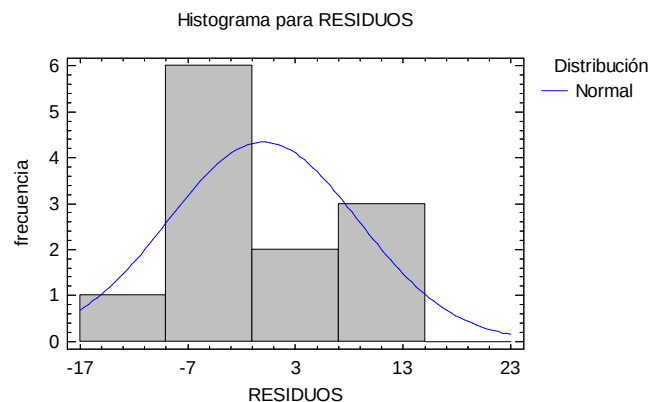


Figura 3: Histograma de frecuencia para residuales.

Media ($\bar{X} = 0$)

Se realiza la prueba de hipótesis para residuos donde:

$$\bar{X} = 0,0000108333$$

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.



Anexo 46: Análisis de regresión entre las variables consumo de diesel (m^3) y la producción de helado (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Variable dependiente: Consumo diesel en planta helado (m^3)

Variable independiente: Producción de helado (t)

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%			

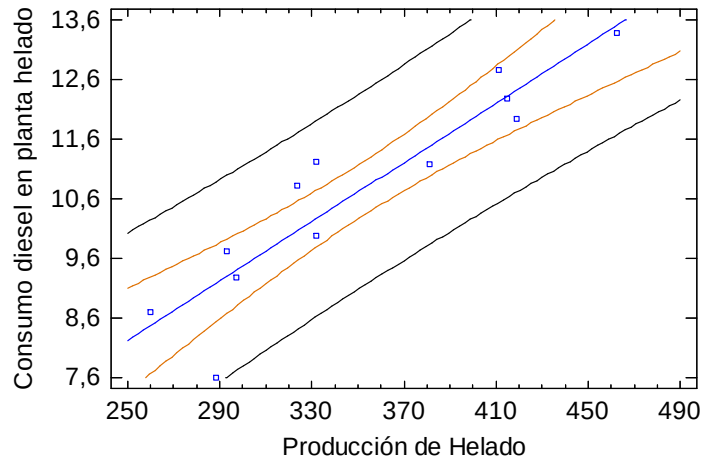
Tabla 2: Coeficientes del modelo lineal.

	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	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			

Gráfico del Modelo Ajustado
Consumo diesel en planta helado = $2,0187 + 0,0248365 \cdot \text{Producción de Helado}$

**Figura 1:** Modelo ajustado para consumo de diesel (m^3) Vs producción de helado (t).

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.

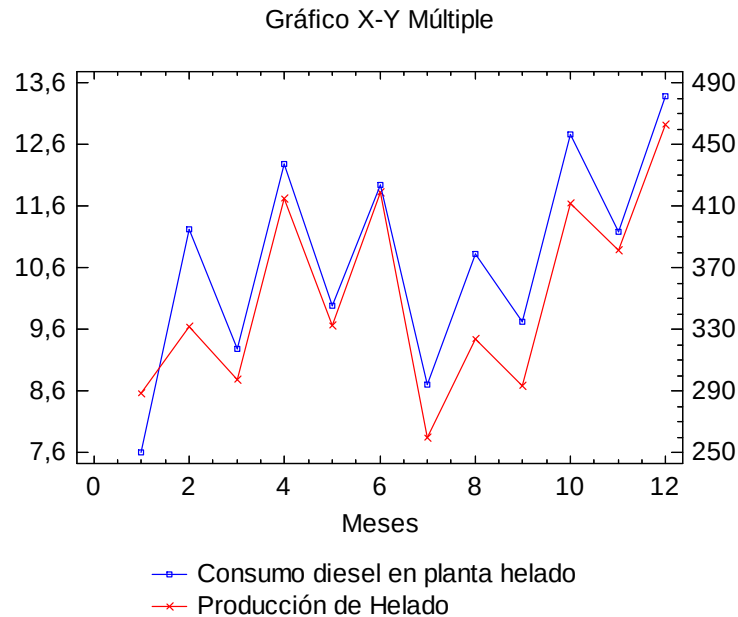


Figura 2: Comportamiento del consumo de diesel (m^3) Vs producción de helado (t).

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: $e \sim N(0, \sigma_{\text{cte}}^2)$ 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 3**, 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

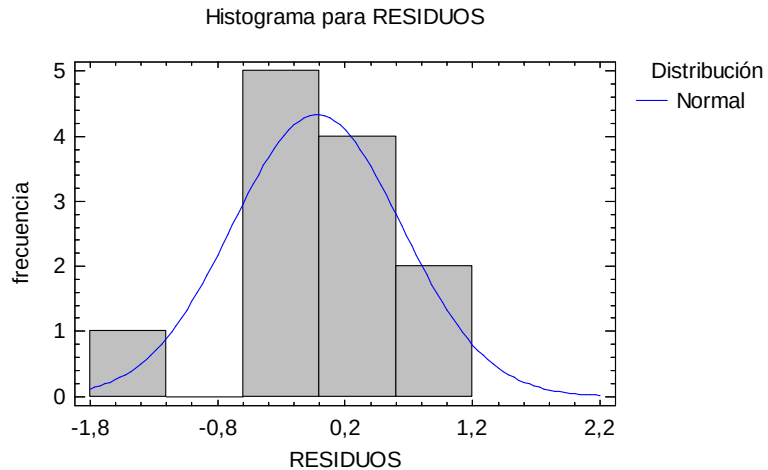


Figura 3: Histograma de frecuencia para residuales.

Media ($\bar{X} = 0$)

Se realiza la prueba de hipótesis para residuos donde:

$$\bar{X} = -0,021209$$

Mediana Muestral = 0,001178

$$\sigma = 0,663043$$

Prueba t

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

Estadístico t = -0,110808

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.



Anexo 47: Análisis de regresión entre las variables consumo de fuel oil (m^3) y la producción de queso (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Variable dependiente: Consumo de Fuel Oil en queso (m^3)

Variable independiente: Producción de queso (t)

Tabla 1: Comparación de Modelos Alternos.

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.

	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	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			

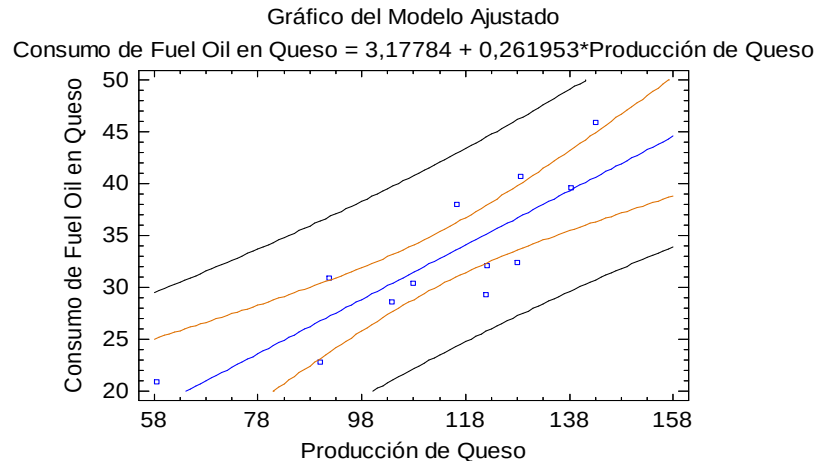


Figura 1: Modelo ajustado para consumo de fuel oil (m^3) Vs producción de queso (t).

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.

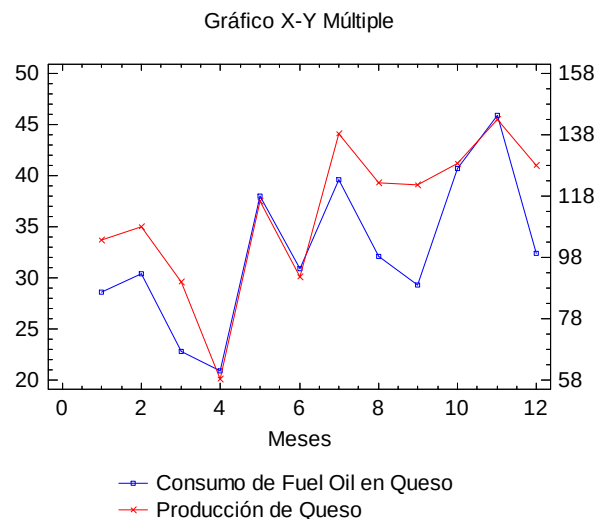


Figura 2: Comportamiento del consumo de fuel oil (m^3) Vs producción de queso (t).

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 3**, 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.

	Normal
DMAS	0,118577
DMENOS	0,101403
DN	0,118577
Valor-P	0,995926

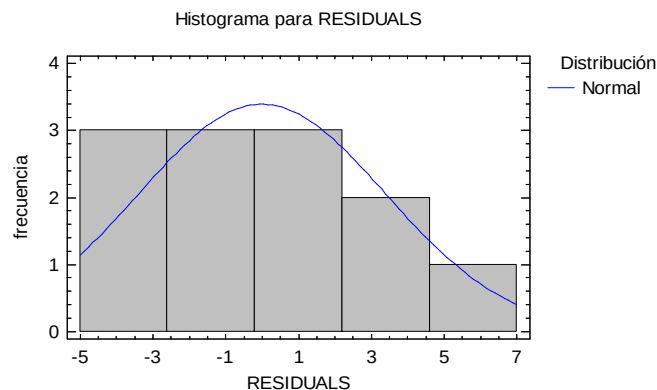


Figura 3: Histograma de frecuencia para residuales.

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

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

Estadístico t = -5,11535E-7

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 48: 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.



Anexo 49: 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 de leche y/u otras 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	-
NOTAS a) ST- sólidos totales b) Las cifras se refieren a % m/m mínimo a menos que se haga otra indicación. c) Grupo se refiere a la clasificación por ingredientes esenciales. d) Los subgrupos se refieren a la clasificación por contenido de grasa. Subgrupo 1 Helado Especial de Crema Subgrupo 2 Helado Crema Subgrupo 3 Helado Leche Subgrupo 4 Helado Sorbete Subgrupo 5 Helado de Agua									

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



Anexo 50: 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 _T (%)	Observaciones	G (%)	S _T (%)
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



Anexo 51: 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.

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.

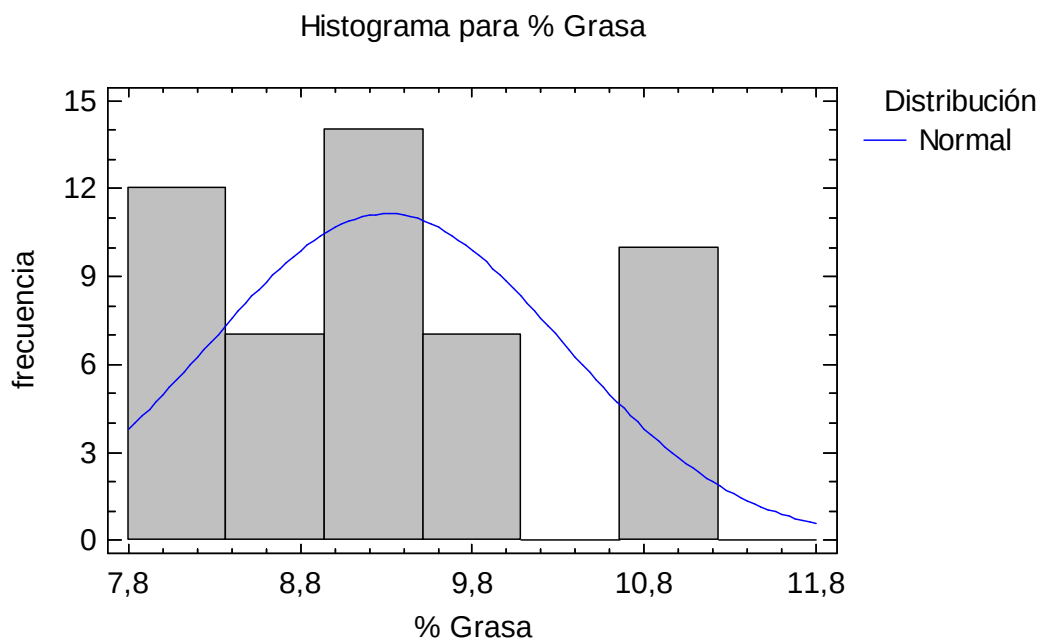


Figura1: Histograma de frecuencia para los valores de porcentaje grasa en el helado.

Tabla 2: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de porcentaje de grasa en el helado.

	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 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.

Normal
media = 37,2888
desviación estándar = 0,882715

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.

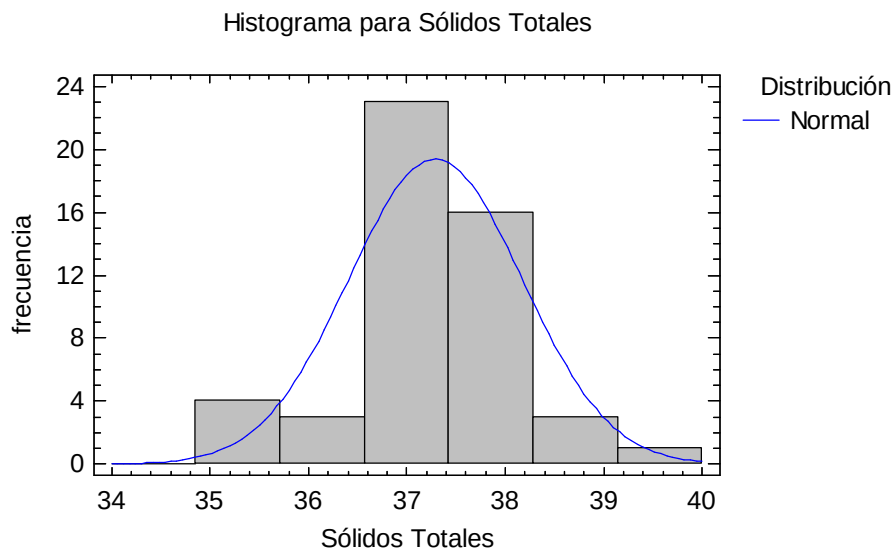


Figura 2: Histograma de frecuencia para los valores de porcentaje Sólidos Totales en el helado.

Tabla 4: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de porcentaje Sólidos Totales en el helado.

	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.



Anexo 52: 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.

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.

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%.

Gráfico X para % Grasa

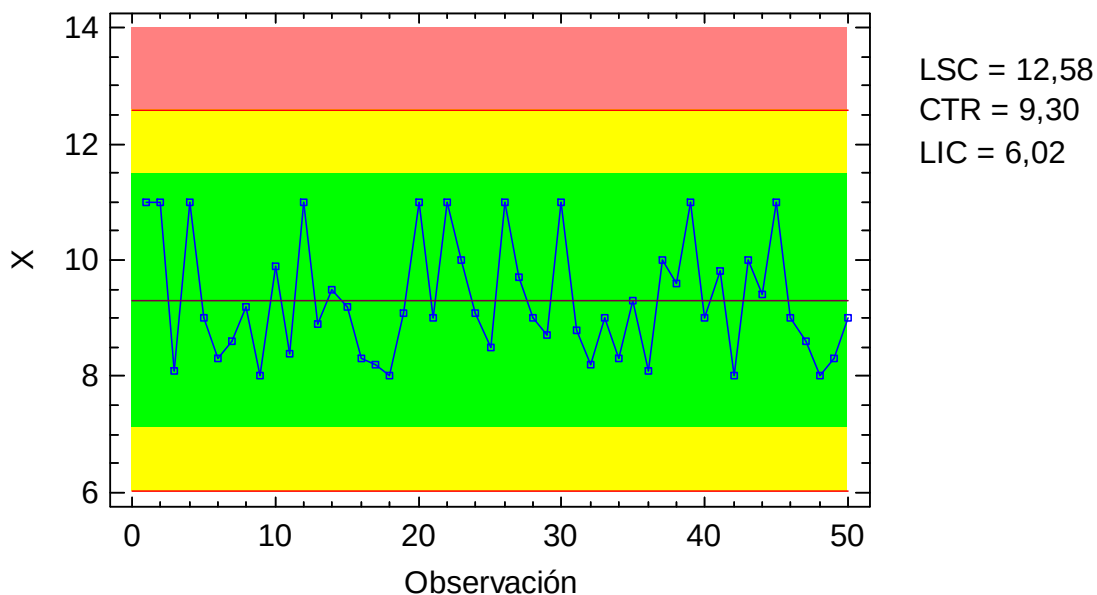


Figura 1: Diagrama de control del porcentaje de grasa.



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.

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.

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.



Anexo 53: 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.

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.

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%.

Gráfico X para Sólidos Totales

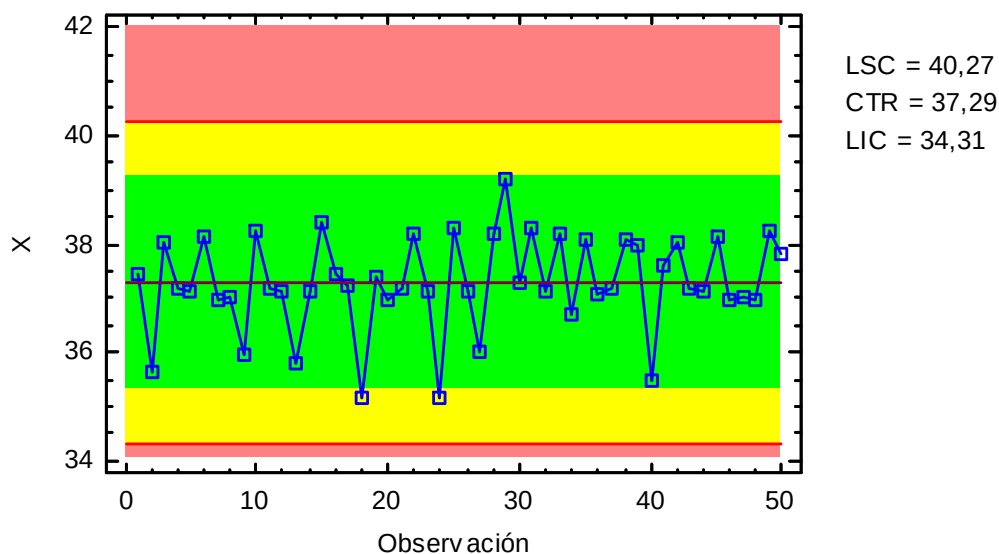


Figura 1: Diagrama de control del porcentaje sólidos totales.



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.

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.

Especificaciones: LIE = 30

	Capacidad
	Corto Plazo
Sigma	0,992908
Cpk/Ppk	2,44695
Cpk/Ppk (inferior)	2,44695

Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

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.



Anexo 54: 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



Anexo 55: 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.

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.

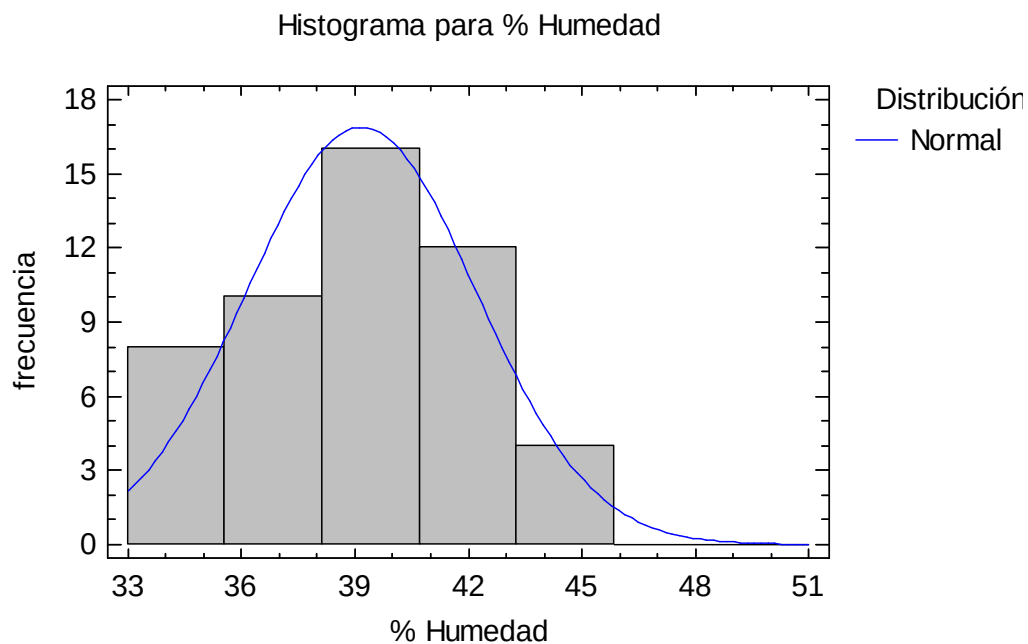


Gráfico 1: Histograma de frecuencia para los valores de % Humedad en queso Cumanayagua.

Tabla 2: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de % Humedad en el queso.

	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.

Normal
media = 46,0696
desviación estándar = 2,01454

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.

Histograma para % Grasa extracto seco

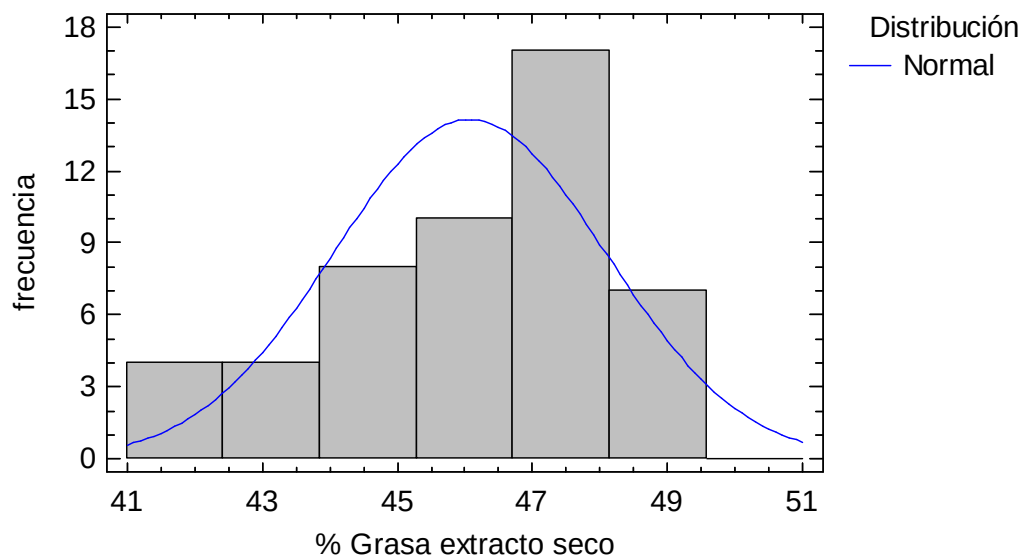


Gráfico 2: Histograma de frecuencia para los valores de porcentaje Grasa extracto seco en queso Cumanayagua.

Tabla 4: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de porcentaje Grasa extracto seco en el queso.

	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.



Anexo 56: 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.

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.

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%.

Gráfico X para % Humedad

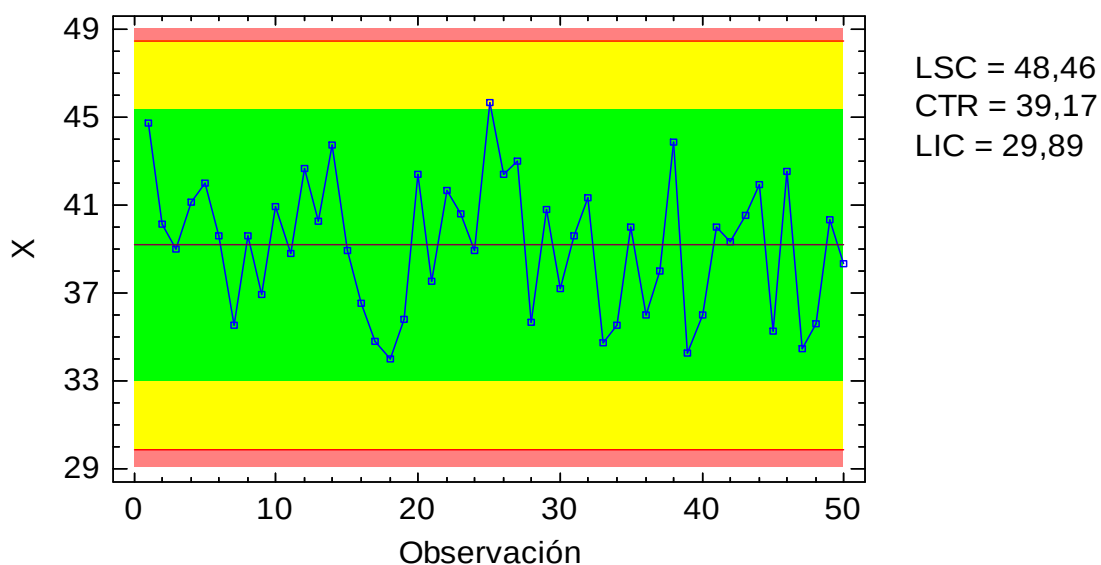


Figura 1: Diagramas de control del porcentaje de humedad del queso Cumanayagua.

**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.

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.

Especificaciones: LSE = 50,0

	Capacidad
	Corto Plazo
Sigma	3,09415
Cpk/Ppk	1,35744
Cpk/Ppk (superior)	1,35744

Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

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.



Anexo 57: 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.

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.

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%.

Gráfico X para % Grasa extracto seco

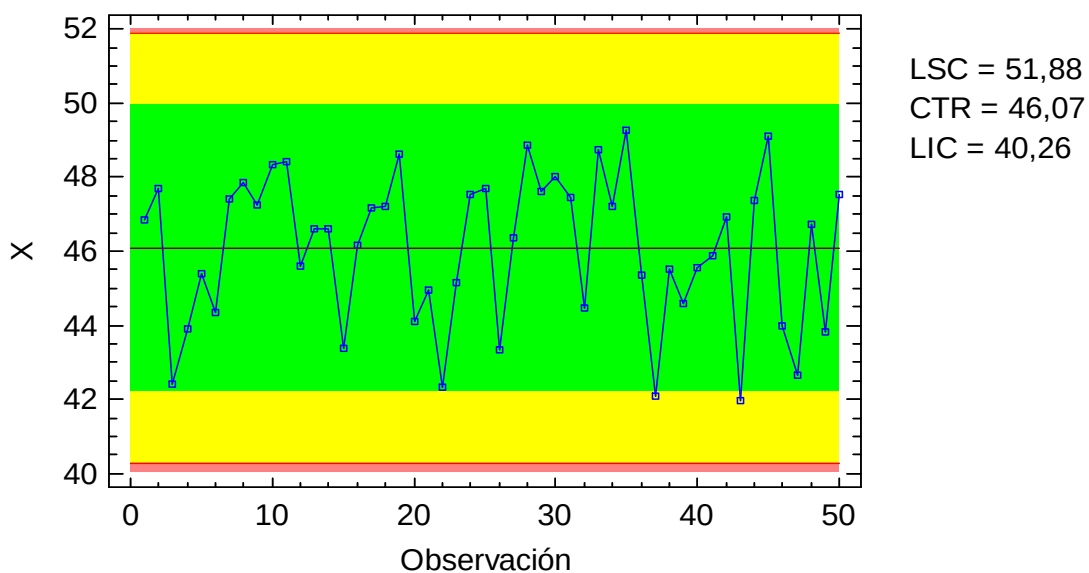


Figura 1: Diagramas de control del porcentaje grasa extracto seco del queso Cumanayagua.

**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.

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.

Especificaciones: LSE = 50,0

	Capacidad
	Corto Plazo
Sigma	1,93534
Cpk/Ppk	1,0454
Cpk/Ppk (inferior)	1,0454

Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

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 58: 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:

$$nt = \frac{N \cdot \left[Z_{1-\alpha/2} \right]^2 \cdot p \cdot (1-p)}{N \cdot d^2 + \left[Z_{1-\alpha/2} \right]^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

donde:

nt = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de población a muestrear (146)

p = Proporción en función del tamaño de muestra asumido (0.5).

α = 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 $d = 0.05$

$$nt = \frac{146 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot (1-0.5)}{146 \cdot 0.05^2 + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot (1-0.5)} = 106$$

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**.

Tabla 1: 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



Anexo 59: 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.

Tabla 1: Resultados de la aplicación de la lista de chequeo para conocer el manejo de los materiales en la planta de helado.

¿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	
¿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	
¿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	
¿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	
¿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	



¿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	

Tabla 2: Resultados de la aplicación de la lista de chequeo para conocer el manejo de los materiales en la planta de queso.

¿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	
¿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	
¿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	
¿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
¿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	
¿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	

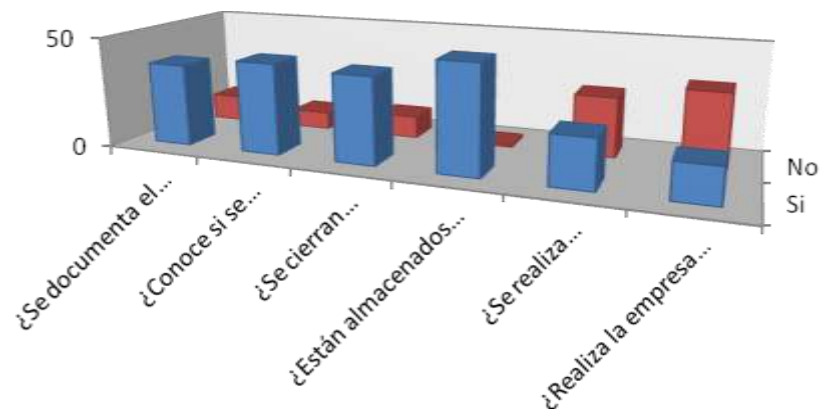


Gráfico 1: Resultado del procesamiento de la lista de chequeo para conocer el manejo de los materiales en la planta de helado.

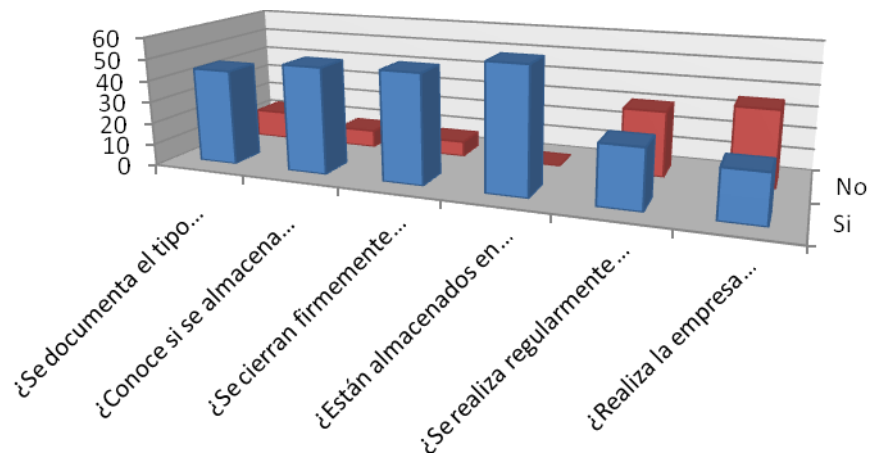


Gráfico 2: Resultado del procesamiento de la lista de chequeo para conocer el manejo de los materiales en la planta de queso.



Anexo 60: 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 _{producto})	% que representa de la HE
Helado	Electricidad	780499	32677.9	0.0775277	83.0323
	Diesel	159495	6677.75	0.0158428	16.9677
Sub-huella total				0.0933705	
Queso	Electricidad	747471	31295.1	0.231816	65.3117
	Fuel Oil	396997	16621.5	0.123122	34.6883
Sub-huella total				0.354938	

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_{helado} y 0.354938 ha/t_{queso} de terreno productivo (cultivos, pastos, bosques) para absorber el CO₂ 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 CO₂ 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_{helado} ya que 1kg de polvo equivale a 10 Lt $_{\text{leche fluida}}$ para hacer helado y 1 066 kg $_{\text{leche fluida}/t_{\text{helado}}}$.

Donde:

Índice de consumo real de leche en polvo para una tonelada de helado = 0,1036 t_{leche}

$\text{polvo}/t_{\text{helado}} = 103,6 \text{ kg}_{\text{leche polvo}}/t_{\text{helado}}$

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

$103,6 \text{ kg}_{\text{leche polvo}}/t_{\text{helado}} \times 10 \text{ Lt}_{\text{leche fluida}} = 1\,036 \text{ Lt}_{\text{leche fluida}}/t_{\text{helado}}$

$1\,036 \text{ Lt}_{\text{leche fluida}}/t_{\text{helado}} \times 1,029 \text{ kg/Lt}_{\text{leche fluida}} = 1\,066 \text{ kg}_{\text{leche fluida}}/t_{\text{helado}}$

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_{producto})	% que representa de la HE
Helado	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
	Sub-huella total		3.96256	
Queso	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
	Sub-huella total		83.7162	



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	
Helado	0.396762
Queso	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
Helado	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
	Sub-huella total		0.00506227	
Queso	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
	Sub-huella total		0.0158074	

**Tabla 5:** Resumen del cálculo de la Huella Ecológica Corporativa total de helado y queso.

Sub-huellas	Huella Ecológica (ha/t _{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
Huella Ecológica Total	4.45775	92.4584	-	-



Anexo 61: 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

$$\text{Aguas azules}(\text{m}^3/\text{unidad de producto}) = [\sum(A_{pi})/P_{Bx}]$$

$$\text{Aguas azules}(\text{m}^3/\text{t}_{\text{helado}}) = 30248,59/4215,50 \text{ t helado/año} = 7,18\text{m}^3/\text{t}_{\text{helado}}$$

$$\text{Aguas azules}(\text{m}^3/\text{t}_{\text{queso}}) = 163175,88/1350 \text{ t queso/año} = 120,87\text{m}^3/\text{t}_{\text{queso}}$$

Aguas Grises

$$\text{Aguas grises}(\text{m}^3/\text{unidad de producto}) = \frac{L}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}} / P_{Bx}$$

$$\text{Aguas grises}(\text{m}^3/\text{t}_{\text{helado}}) = \frac{9274,1 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{0,029 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} / 4215,50 \text{ t}_{\text{helado}}/\text{año} = 75,86\text{m}^3/\text{t}_{\text{helado}}$$

$$\text{Aguas grises}(\text{m}^3/\text{t}_{\text{queso}}) = \frac{14715 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{0,029 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} / 1350 \text{ t}_{\text{queso}}/\text{año} = 375,9\text{m}^3/\text{t}_{\text{queso}}$$

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.

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.

Tabla 1: Resumen del cálculo de la Huella Hídrica de helado y queso.

	Helado($\text{m}^3/\text{t}_{\text{helado}}$)	Queso ($\text{m}^3/\text{t}_{\text{queso}}$)
Aguas verdes	-	-
Aguas azules	7.18	120.87
Aguas grises	75.86	375.9
Huella Hídrica	83.04	496.77



Anexo 62: 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.

Nombre Formulario: Caracterización de residuos sólidos de la Planta de helado.

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)	☒ Separado ☐ 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)	-

Nombre del Residuo (1)	Cartón
Etapas en que se genera (2)	Envase
Componentes contaminantes (3)	-
Tiempo de Almacenamiento (4)	6 meses
Condiciones de almacenamiento (5)	Separado ☒ Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla: cubos rotos (plástico)
Destino Actual (6)	
Tratamiento actual (7)	-
Cantidad Generada (8)	1068 kg
Valor (9)	-

Nombre del Residuo (1)	Plásticos
Etapas en que se genera (2)	Post venta
Componentes contaminantes (3)	Polietileno
Tiempo de Almacenamiento (4)	-
Condiciones de almacenamiento (5)	Separado ☐ Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Materias primas
Tratamiento actual (7)	reciclaje
Cantidad Generada (8)	1485 kg



Valor (9)	-

Nombre del Residuo (1)	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)	☒ Separado ☐ 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)	-

Nombre del Residuo (1)	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)	☐ Separado ☒ 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)	-

Nombre del Residuo (1)	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)	☒ Separado ☐ 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
Valor (9)	-

Nombre del Residuo (1)	Sacos Multicapas
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)	☒ Separado ☐ 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 de la Planta de helado.

Identificador Formulario: RL-2

Nombre del Residuo (1)	Agua de enjuague de la línea helado
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)	6 414,98m ³ /año
Valor (9)	1 924,49CUP

Nombre Formulario: Caracterización de residuos sólidos de la Planta de queso.

Identificador Formulario: RS-1

Nombre del Residuo (1)	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)	☒ Separado ☐ Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Enterrada en el perímetro de la empresa
Tratamiento actual (7)	-
Cantidad Generada (8)	190 kg
Valor (9)	-

Nombre del Residuo (1)	Cartón
Etapa en que se genera (2)	Empaque



Componentes contaminantes (3)	-
Tiempo de Almacenamiento (4)	indefinido
Condiciones de almacenamiento (5)	Separado ☒ 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

Nombre del Residuo (1)	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)	☒ Separado ☐ 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)	-

Nombre del Residuo (1)	Recortes de papel aluminio
Etapa en que se genera (2)	Envase
Componentes contaminantes (3)	-
Tiempo de Almacenamiento (4)	-
Condiciones de almacenamiento (5)	Separado ☐ Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla
Destino Actual (6)	Desecho
Tratamiento actual (7)	-
Cantidad Generada (8)	94 kg/año
Valor (9)	-

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 ☐ 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 de la Planta de queso.

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 ☒ Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla: agua hiladura
Destino Actual (6)	Porcino y cochiquera 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)	☐ Separado ☒ Mezclado Nombre de residuos con que se mezcla: Suero
Destino Actual (6)	Porcino y cochiquera de la empresa.
Tratamiento actual (7)	Venta
Cantidad Generada (8)	210300 Lt
Valor (9)	18927CUP

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 ³ /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 ₃ 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)	-



Anexo 63: 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.

Tabla 1: Resultados de la aplicación de la lista de chequeo para conocer el manejo integral de residuos en la planta de helado.

¿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	
¿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	
¿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	
¿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	
¿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	
¿Se venden determinados residuos a empresas de reciclaje?					
		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	



¿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	
¿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	
¿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	

Tabla 2: Resultados de la aplicación de la lista de chequeo para conocer el manejo integral de residuos en la planta de queso.

¿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	
¿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	
¿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	



¿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	

¿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	

¿Se venden determinados residuos a empresas de reciclaje?

		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	

¿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	

¿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	

¿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	

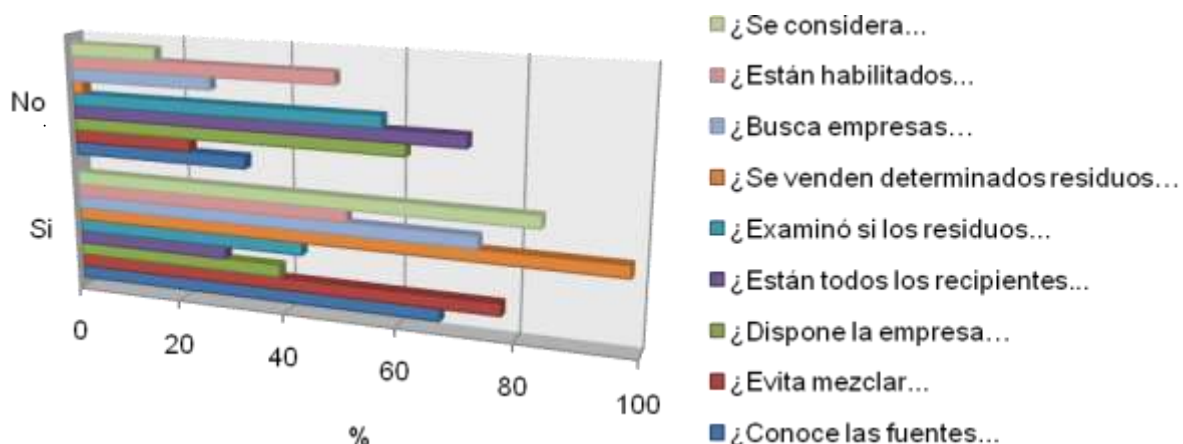


Gráfico 1: Resultado del procesamiento de la lista de chequeo para conocer el manejo integral de residuos en la planta de helado. **Fuente:** Elaboración propia.

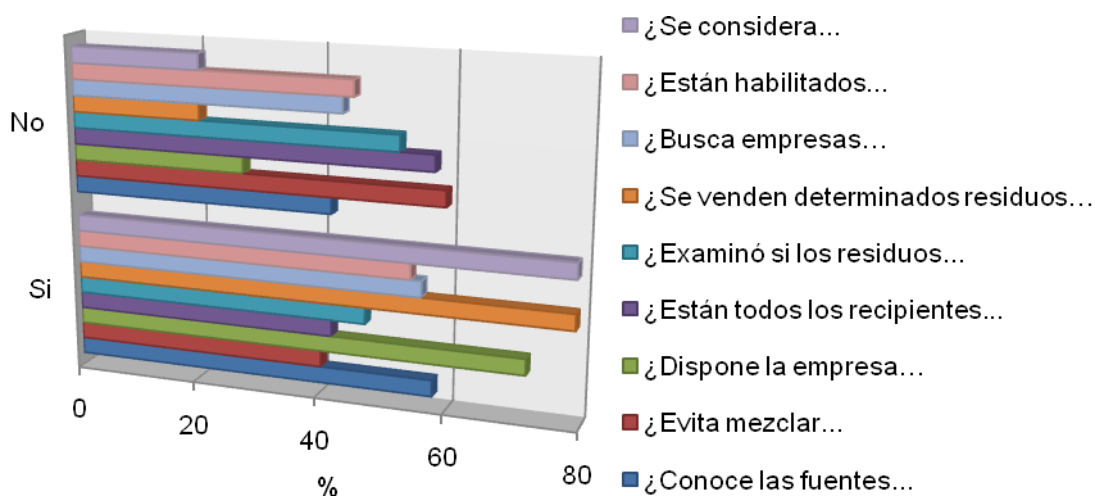


Gráfico 2: Resultado del procesamiento de la lista de chequeo para conocer el manejo integral de residuos en la planta de queso. **Fuente:** Elaboración propia.



Anexo 64: 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 65: 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 tanpreciado. 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 2 564,35m³ 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 2.2m³/día, lo que corresponde a 1267,2m³/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 m³/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 292m³/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 m³/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 254,04m³/año.

**Tabla 1:** Resumen de pérdidas de agua en la planta de helado por derrame innecesario.

Causas que generan la pérdida por derrame innecesario	Cantidad generada (m ³ /año)	Pérdidas (CUP)	Índice por tonelada de helado(m ³ /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
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
TOTAL	11 629,95	3 488,99	2,759

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 tanpreciado. 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 2 419,2m³ 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 94747,29m³/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 1.5m³/día, lo que equivale a 1 095m³/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 362,88m³/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 302,4m³/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 182,5m³/año.

Tabla 2: Resumen de pérdidas de agua en la planta de queso por derrame innecesario.

Causas que generan la pérdida por derrame innecesario	Cantidad generada (m ³ /año)	Pérdidas (CUP)	Índice por tonelada de helado (m ³ /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
TOTAL	103 368,22	31010,47	76,567



Anexo 66: 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.



Anexo 67: 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

$$DBO_5(\text{suero de leche}) = 7,21 m^3/h \times 3,01 kg/m^3 = 21,7 kg/h$$

$$DBO_5(\text{agua hiladura}) = 2,44 m^3/h \times 3,4 kg/m^3 = 8,3 kg/h$$

$$DBO_5(\text{agua enjuague en helado}) = 4,08 m^3/h \times 1,50 kg/m^3 = 6,12 kg/h$$

$$DBO_5(\text{agua enjuague en queso}) = 2,10 m^3/h \times 1,05 kg/m^3 = 2,2 kg/h$$

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.

$$DBO_5(\text{suero de leche}) = \frac{21,7 kg DBO_5/h}{3077,69 kg/h} = 0,007 kg DBO_5/kg$$



$$DBO_5(\text{agua hiladura}) = \frac{8,3 \text{ kg} DBO_5/h}{99,95 \text{ kg } /h} = 0,083 \text{ kg } DBO_5/kg$$

$$DBO_5(\text{agua enjuague en helado}) = \frac{6,12 \text{ kg} DBO_5/h}{2784,28 \text{ kg } /h} = 0,0022 \text{ kg } DBO_5/kg$$

$$DBO_5(\text{agua enjuague en queso}) = \frac{2,2 \text{ kg} DBO_5/h}{1848,5 \text{ kg } /h} = 0,0011 \text{ kg } DBO_5/kg$$

Tabla 2: Resumen del DBO_5 de los residuales líquidos.

Residual	DBO_5 generada(kg DBO_5/h)	Índice de generación (kg DBO_5 /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
Total	38,32	0,0933



Anexo 68: Balance de los residuos sólidos y semisólidos generados en la planta de helado y queso en el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 1: Balance de los residuos sólidos y semisólidos generados en la planta de helado en el año 2012.

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

Tabla 2: Balance de los residuos sólidos y semisólidos generados en la planta de queso en el año 2012.

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	-	-



Anexo 69: Resumen del balance total de masa y energía para la producción de 100 t de helado y 1t de queso. **Fuente:** Elaboración propia.

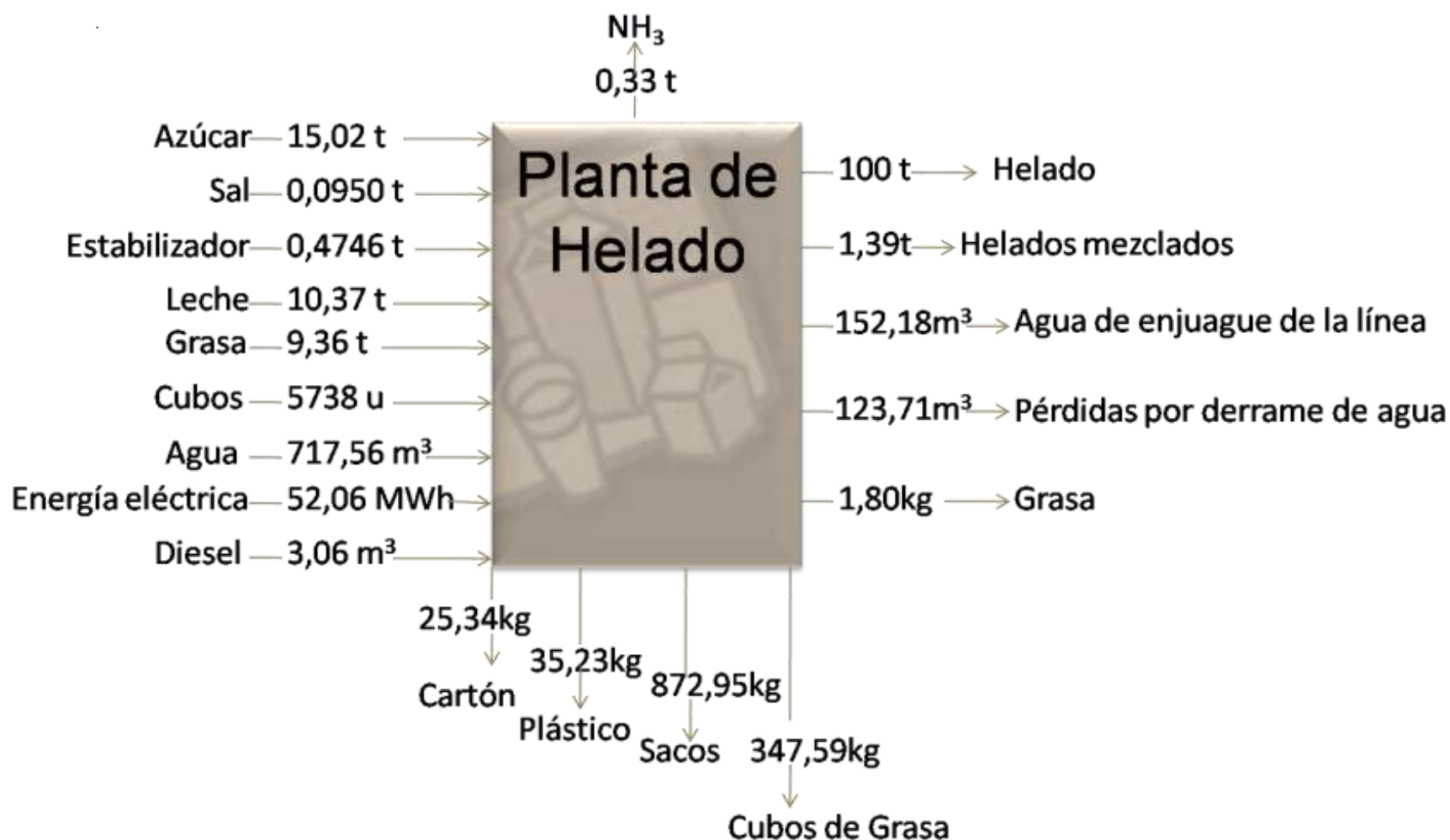


Figura 1: Balance total de masa y energía para la producción de 100 t de helado.

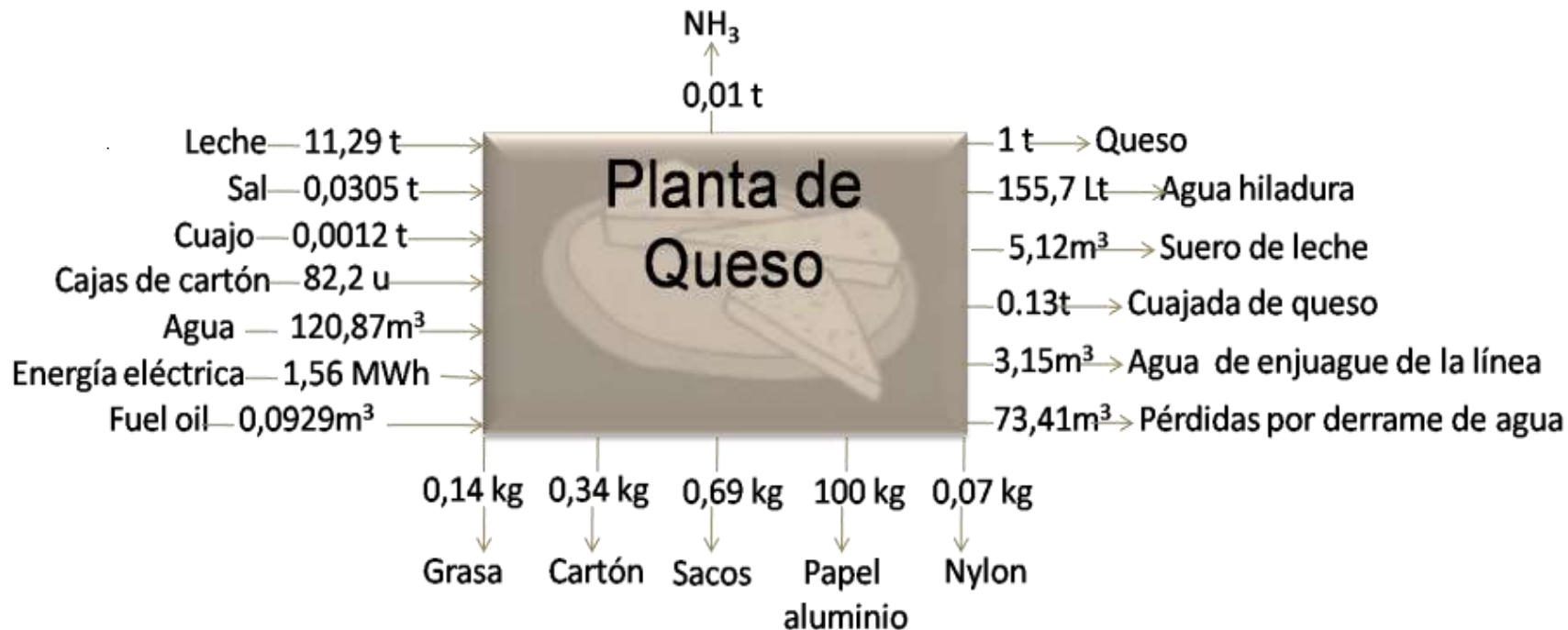


Figura 2: Balance total de masa y energía para la producción de 1 t de queso.



Anexo 70: 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. 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.

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.

 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 71: 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
Balance del consumo de agua y residuos líquidos. Criterio de los expertos	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 _H .Derrame de agua por mala manipulación de las mangueras en: Limpieza de equipos por fuera, piso y paredes (2 564,352m ³). Fregado de cubos (362,88 m ³).	P5 _Q .Derrame de agua por mala manipulación de las mangueras en: Limpieza de equipos por fuera, piso y paredes (2 419,2 m ³). Fregado de carros en transporte y pipas (665,28m ³).
	P6 _H .No se recupera de los agentes de limpieza interna de línea (1 267,2m ³) y el agua de enjuague la línea (6 414,98m ³)	P6 _Q .No se recupera el agua de enjuague la línea (4258,95 m ³)
	P7 _H . Desperfectos en plumas de agua Área Comercial, Almacén, Edificio admón. y comedor (766,5m ³)	P8 _Q .Derrame por mal ajuste de válvulas y accesorios en la limpieza de cubas internas y moldes (1 095m ³)
	P9 _H .No se recupera el agua ni los agentes de limpieza de la	P10 _Q .No se recupera el agua que se pierde al calentar la leche



	línea por rotura de la bomba sanitaria.	(proceso de coagulación de la leche) en todas las líneas de queso (94 747,29 m ³). Este problema también causa pérdidas de energía eléctrica.
	P11 _H . En los baños de mujeres y hombres tienen mala calidad de los herrajes de inodoros (254,04m ³). Este problema también causa pérdidas de energía eléctrica.	P11 _Q .En los baños de mujeres y hombres tienen mala calidad de los herrajes de inodoros (182,5m ³). Este problema también causa pérdidas de energía eléctrica.
	-	P12 _Q .No se aprovecha todo el suero y agua hiladura que se genera producto a la insuficiente capacidad de los recipientes de almacenamiento.
Balance del consumo energía eléctrica. Criterio de los expertos	P13_H .Falta de insulación en tuberías de frío: Sistema de refrigeración: Tuberías sin o con insulación insuficiente, uniones universales de tuberías, tanques de amoníaco, terminales de tuberías en compresores de NH ₃ (23,72 MWh). En el salón de producción: falta de insulación en tuberías de frío (0.21 MWh).	P13 _Q .Falta de insulación en tuberías de frío: El tanque de amoníaco que se encuentra sobre el banco y el separador de líquidos tienen insuficiente insulación (11.52 MWh). Existen tuberías de agua helada sin insular en área de recibo (0.32 MWh). Faltan tuberías de agua helada del sistema de frío por insular (1.60 MWh). 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).
	P14 _H .Salideros de aire: en válvula del primer filtro y en lateral del primer filtro (3.01 MWh).	P15 _Q . En sala de máquina el banco de hielo no está completamente aislado (12.05 MWh).
	P16 _H .Suciedad en ambos filtros de aire y mallas protectoras rotas (4.35 MWh).	P16 _Q . Los filtros de los compresores de aire están sucios (15.23 MWh).
	P17. Existen conexiones eléctricas (cables) sin canalizar en sala de máquina.	
	P18 _H . El indicador de	P19 _Q . Recamara de enfriamiento



	temperatura de la nevera de -30°C se encuentra sin verificar	sin cortina y con salidero por la parte inferior de la puerta línea de quesos fundidos (1.28 MWh).
	P20 _H .Desajuste en: Nevera de -30°C en parte inferior de la puerta pequeña (20.73 MWh). Nevera de -15°C en lateral superior delantero de la puerta (6.31 MWh).	P20 _Q . Desajuste en: Parte inferior de la puerta de la nevera que sale al pasillo y sin cortina (0.96 MWh). Puertas de 4 cámaras refrigeradas en línea de quesos azules (7.24 MWh). Puerta de la cámara refrigerada en línea de cuajada (0.72 MWh).
	P21 _H .Sistemas de capacitores trabajando de forma manual.	P22 _Q . En línea de quesos azules el salón de oreo no tiene cortina en sus dos puertas (1.06 MWh).
	P23 _H .Falta hermetizar parte del banco de hielo (32.37 MWh).	-
	P24 _H .Faltan los agitadores del banco de hielo y con frecuencia se congelan por partes (12.06 MWh).	-
Balance del consumo de diesel en helado y de fuel oil en queso. Criterio de los expertos	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 _H .Salideros de diesel (vapor) en: 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 ³). 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 ³). Este problema también causa pérdidas de electricidad y agua.	P26 _Q . Salideros de fuel oil (vapor) en: En línea de quesos fundidos hay salidero de vapor por válvula del bajante cercano a la entrada de la línea (1.024 m ³). Existen dos bajantes en la línea de recibo en su parte exterior con salideros por válvula (1.002 m ³). Válvula de la fundidora en línea de quesos fundidos (6.19 m ³). Por válvula del bajante que se encuentra ubicado en el cuarto de enfriamiento de leche (0.501 m ³). Este problema también causa pérdidas de energía eléctrica y agua.
	P27 _H .Falta insulación en tuberías	P27 _Q .Falta de insulación en



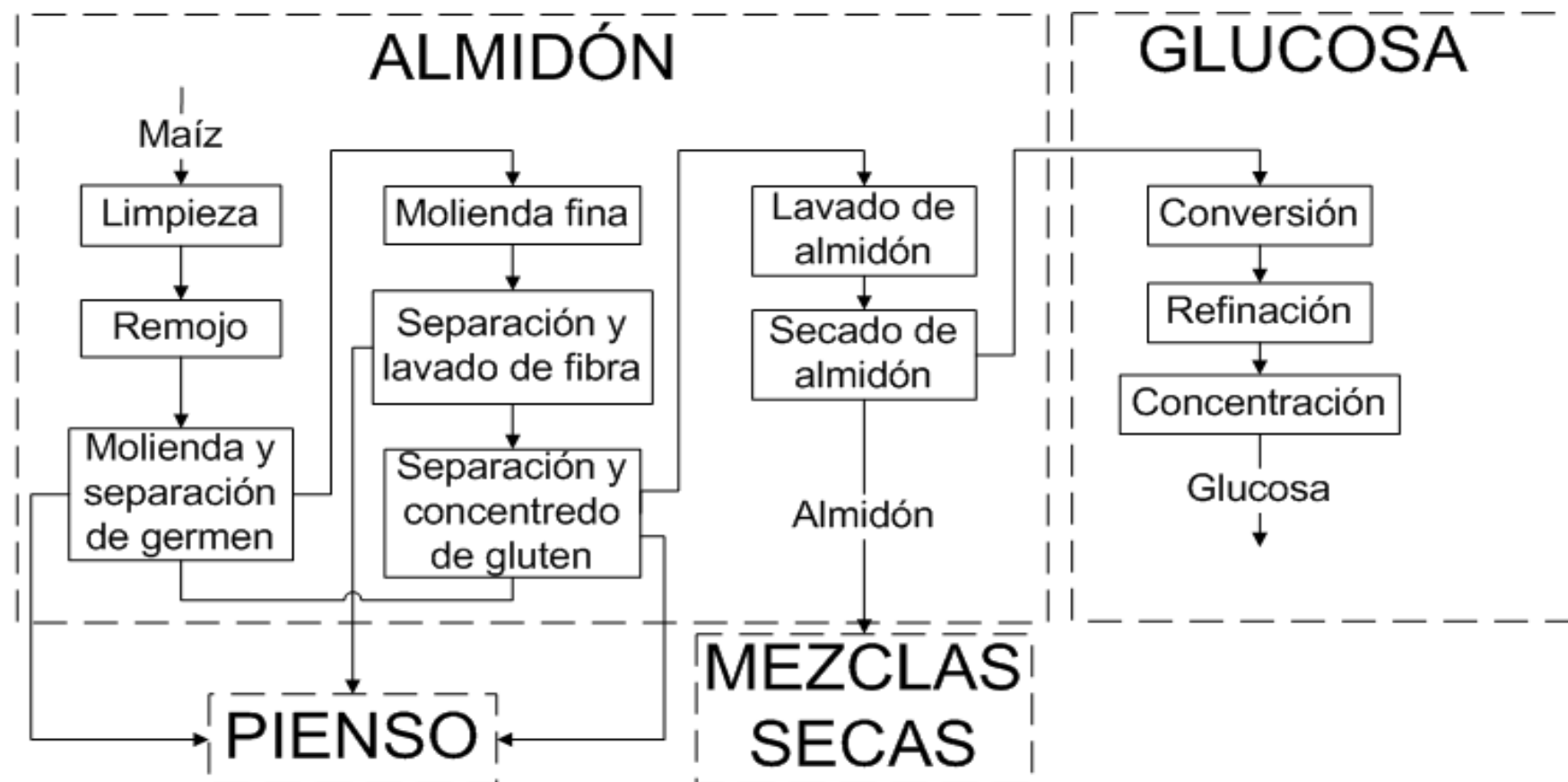
	de vapor: En la sala de calderas (0,198m ³). En el salón de mezcla (0,58 m ³). En salón de producción (0,39m ³). Este problema también causa pérdidas de electricidad.	tuberías de vapor: En línea de quesos fundidos existen tuberías de vapor sin insular y con alta corrosión (1,13 m ³). En pasillo exterior del recibo hasta entrada de línea de azules existen tuberías de vapor sin insulación (5,65 m ³). Este problema también causa pérdidas de electricidad.
	P28 _H . En salón de mezclas no funcionan las trampas de vapor (0.857 m ³).	P29 _Q . En línea de quesos pasta hilada la cuba de agua caliente se desborda (30,90m ³). Este problema también causa pérdidas de energía eléctrica y agua.
	P30 _H . En salón de mezclas no se recupera el condensado (0.6577 m ³). Este problema también causa pérdidas de electricidad y agua.	-
Balance del producto final	-	P31 _Q . La máquina descremadora no está funcionando ya que producto al desgaste el rodamiento especial de sistema de eje vertical está roto.
Lista de chequeo 1 (manejo de materiales)	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.	
Formularios para diagnosticar los residuos y Balance de los residuos sólidos y semisólidos generados	P34.Se mezcla el cartón y cubos plásticos rotos.	
	-	P35 _Q . Mezclan el suero con el agua hiladura.
	P36.Es desechada la grasa que se extrae de las trampas de grasa.	
Lista de chequeo 2 (manejo de residuales)	-	P37 _Q . Recortes de nylon y papel aluminio es desechado.
	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 _H . No se disponen medios o recipientes para almacenar los residuos.	P41 _Q . No se evitan mezclar los diferentes residuos.

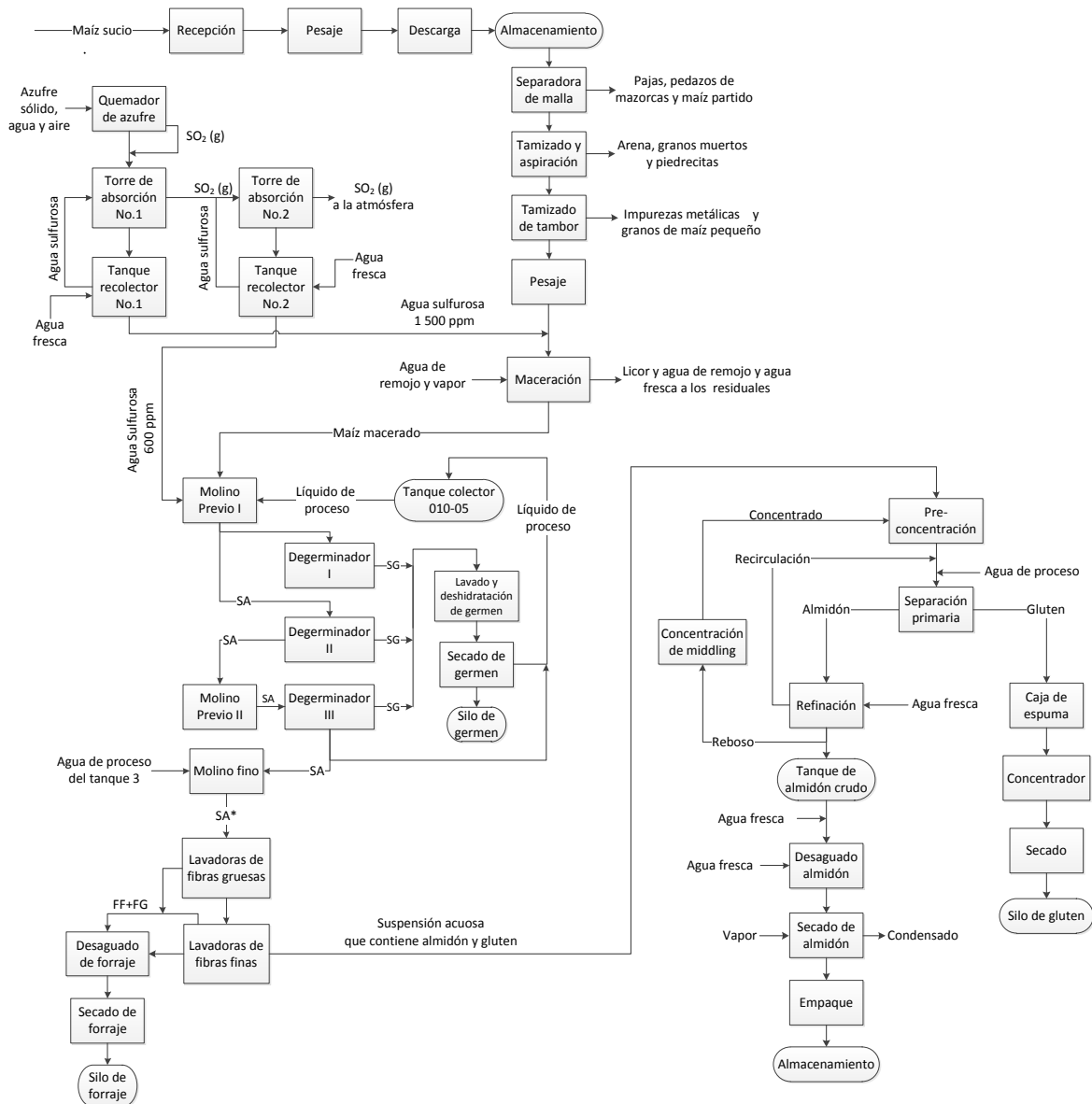


Anexo 72: Principales procesos de producción de la UEB Glucosa Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.





Anexo 73: Diagrama de flujo del proceso de producción de la planta de almidón de la UEB Glucosa Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.



Leyenda:

SG: suspensión de germen.

SA: suspensión acuosa que contiene fibra fina, fibras gruesas, gluten, almidón y gérmenes.

SA*: suspensión acuosa que contiene fibra fina, fibras gruesas, gluten y almidón.

FF + FG: fibra fina+ fibra gruesa.

SA:** suspensión acuosa que contiene almidón y gluten.



Anexo 74: Descripción detallada del proceso de producción para la obtención del almidón y las etapas auxiliares. **Fuente:** Proceso Tecnológico de la planta de almidón, UEB Glucosa.

El proceso de producción que se realiza en la planta de almidón consta de una serie de etapas u operaciones, las cuales se describen a continuación:

Recepción

El objetivo de esta operación es recibir y almacenar maíz transportado a la empresa en camiones procedentes de los silos de almacenamiento en el Combinado de Cereales u otro lugar del país.

Actualmente se recibe maíz de dos tipos diferentes, para su procesamiento debe reunir las características siguientes: sano, secado y limpiado previamente de forma adecuada, en las

Tablas 1 y 2 se resumen las especificaciones fundamentales de calidad de esta materia prima.

Tabla 1: Especificaciones fundamentales de calidad del maíz. **Fuente:** Proceso Tecnológico de la planta de almidón, UEB Glucosa.

Tipo	Índice (%)				
	Humedad	Almidón	Acidez	Viabilidad	Germinación
Maíz Yellow	15 máximo	70 mínimo	35 máximo	55 mínimo	55 mínimo
Maíz Plata	15 máximo	70 mínimo	35 máximo	55 mínimo	55 mínimo

Tabla2: Características de las impurezas presentes en el maíz. **Fuente:** Proceso tecnológico de la planta de almidón, UEB Glucosa.

Índice (%)	Maíz Yellow	MaízPlata
Partido pequeño y materias extrañas	2, 0 máximo	1, 0 máximo
Daños por calor (%)	1, 0 máximo	1, 0 máximo
Enfermo (%)	0, 5 máximo	0, 5 máximo

Cuando el maíz llega a la empresa es pesado en la báscula situada a la entrada para este fin, posteriormente se dirige a una plataforma donde se realiza la descarga del mismo. Este cae sobre el transportador horizontal que lo lleva al elevador de cangilones, el cual a su vez lo descarga en otro transportador horizontal que lo conduce hasta el silo de almacenamiento de la empresa.

Limpieza

La operación de limpieza se ejecuta cuando la operación de maceración necesita maíz, con el objetivo de eliminar al maíz todo tipo de impureza que pueda traer.

La limpieza comienza cuando se abre la compuerta de salida del maíz del silo de almacenamiento, cayendo este en un transportador horizontal y luego en otro vertical que eleva



el maíz, el cual se dosifica primeramente en dos separadoras de mallas eliminando principalmente pajas, pedazos de mazorcas y maíz partido.

Un siguiente tamiz combinado con aspirador quita arena, granos muertos y piedrecitas trabajando bajo el principio de lecho fluidizado (fuera de servicio), finalmente en tamiz de tambor realiza una clasificación de control y quita las impurezas metálicas y granos de maíz pequeños.

Las materias rechazadas de las mangueras de limpieza se colectan en posiciones diferentes y son almacenados finalmente en un silo. Posteriormente se realiza un pesaje de la materia en una báscula que realiza 300 pesadas de 100 kg cada una para el llenado de cada tanque de remojo. Un transportador lleva el maíz limpio y otro horizontal es encargado de distribuirlo en los tanques de remojo tanque de remojo a llenar.

En la operación de limpieza del grano se obtienen un 2,5 % de impurezas compuestas por (tusas, palos, piedras, granos muertos y dañados por calor), así como un 6 % de granos partidos. Estos desechos se reutilizan en la elaboración de pienso.

Obtención de agua sulfurosa

Este proceso se realiza en la planta de obtención de dióxido de azufre (SO_2) existente en la empresa, con el objetivo lograr diferentes concentraciones de agua sulfurosa para su utilización en las operaciones de: maceración o remojo, pre molienda y lavado de fibras. El azufre utilizado llega a la entidad en sacos de papel y es almacenado en un local destinado al efecto con las condiciones requeridas, la calidad del azufre utilizado es de un 95 % de pureza.

Por medio de un quemador rotatorio es procesado el azufre en forma de granos o polvo para la obtención del gas de SO_2 (g) (dióxido de azufre), el cual circula a través de las torres de absorción por efecto de la aspiración producida por un sistema de ventilador de alta presión y un eyector de aire, este último mantiene el sistema a baja presión.

La planta consta actualmente con dos torres de absorción conectadas en serie, de las cuales se extrae agua sulfurosa de dos concentraciones diferentes: la torre 1 de 1 500 a 2 000 ppm y la torre 2 de 600 a 1 000 ppm, siendo depositadas cada una de estas corrientes en los tanques recolectores.

El gas penetra por el fondo de la torre 1 y es absorbido por el agua de recirculación procedente del tanque recolector 1 que penetra por la parte superior de la torre, por el fondo de esta es extraída el agua sulfurada de mayor concentración, la cual será utilizada en la operación de maceración.

El gas no absorbido en la torre 1, sale de esta por la parte superior y penetra en la torre 2 en su parte inferior, el proceso de absorción en esta torre es el mismo que en la torre anterior, pero el



agua se recircula desde el tanque recolector 2, el agua de dicho tanque es utilizada en la sección de pre molienda y lavado de fibra.

La corriente única de gas circula por cada una de las torres, al mismo tiempo existen dos corrientes de agua sulfurosa, una para cada torre. El gas que sale de la torre 2 es expulsado a la atmósfera por efecto del ventilador de alta presión y el eyector de aire a través de una chimenea. En la **Tabla 3** se resumen las especificaciones de calidad del agua sulfurosa obtenida por torre de absorción

Tabla 3: Características del agua sulfurosa. **Fuente:** Proceso Tecnológico planta de almidón, UEB Glucosa.

Equipo	Agua Sulfurosa		pH
	SO ₂ (d) Mínimo p.p.m	SO ₂ (d) Máximo p.p.m	
Torre 1	1 500	2 000	2,5
Torre 2	600	1 000	3,5

El agua fresca que cae en forma de cascada, utilizada para refrescar la camisa de salida de los gases que luego circula por la superficie del quemador de azufre, es vertida totalmente a residuales.

Maceración

La maceración es fundamentalmente el remojo del maíz en un líquido de cierta composición y bajo condiciones cuidadosamente controladas con la finalidad de separar los componentes del grano de maíz por hinchamiento de este y a la vez ablandarlo para lograr posteriormente un eficiente proceso de molinación.

El remojo del maíz es el alma en la planta de almidón, el cual debe efectuarse correctamente, asegurando así un alto rendimiento y calidad del almidón y subproductos, a la vez que mantienen los insumos de productos auxiliares en la planta de glucosa dentro de norma permisible; por cuanto el almidón es la materia prima fundamental de la empresa de glucosa, de ahí la repercusión que tiene en la producción de glucosa el proceso de remojo o maceración.

Con el fin de obtener una solubilización eficiente de las sustancias solubles del maíz y eliminar una actividad biológica indeseable, el remojo se realiza con agua sulfurosa a una concentración aproximada de 1500 ppm la cual se calienta de 50 a 53°C (según la variedad del grano) para de esta forma eliminar una indeseable actividad microbiana. En esta sección existen diez tanques de maceración con un volumen de 45 m³ (aproximadamente 30t), cada tanque cuenta con reguladores de nivel que aseguran que el maíz está cubierto con agua sulfurosa, además cada uno tiene su propia bomba para bombear líquido de remojo al tanque siguiente, para su



recirculación y salida, cada tanque tiene una entrada de vapor que permite regular la temperatura del líquido de maceración.

Antiguamente el agua que se obtenía posterior a la maceración se evaporaba y esta se añadía al forraje y se obtenía forraje enriquecido, pero en la actualidad esta se vierte totalmente a residuales. Esto se debe a que, a partir de mayo del 2010, la empresa enfrascada en un proceso de desarrollo de nuevos productos, comienza a producir concentrado de corteza de mango (VIMANG) a escala industrial, aprovechando las capacidades instaladas, que permiten un aumento sustancial de los niveles productivos que se obtenían en los laboratorios Vimang. Con ello se pretende satisfacer la demanda nacional, y lograr un producto con una concentración entre un 11-15% de sólidos totales.

Pre molienda I

Esta operación tiene el objetivo de desgarrar el grano de maíz liberando el germen sin dañarlo, para de esta forma evitar perturbaciones en los pasos sucesivos. El maíz proveniente de la operación de remojo (maceración) es transportado y alimentado al molino previo I el cual está provisto de un separador de piedra con sistema de agitación con el objetivo de mantener el maíz en constante movimiento para lograr que las piedras puedan ir al fondo del recipiente por diferencia de densidades, el maíz cae al molino por reboso. El líquido de proceso proviene del tanque colector 010-05; es controlado y diluido con agua sulfurosa a fin de mantener la relación agua-producto.

Degerminación

El objetivo de esta operación es separar por diferencia de densidades el germen del resto de los componentes del maíz, donde el germen flota y los demás sedimentan. La suspensión acuosa del molino previo I es recepcionada en las degerminadoras I y II, provistas de un sistema de agitación, el germen sube a la superficie por acción de flotación hacia el colector de germen. La separación correcta en la primera etapa de degerminación se realiza con una concentración de 6-7°Bé. Posteriormente la suspensión acuosa libre de gran porcentaje de germen, es transportada hacia el molino previo II por dos tornillos sin fines especiales, los cuales también tienen un efecto de deshidratación. La degerminadora III, trabaja bajo el mismo principio que la I y la II; para la separación correcta de los gérmenes la concentración de la suspensión debe estar de 7-9°Bé.

El líquido que ha funcionado como medio de transporte de los gérmenes es reciclado al sistema por el tanque colector 010-05, y una vez en el tanque, es entonces derivado a las entradas de los molinos (previo I). Los tornillos inclinados que forman parte de la degerminadora transportan los sedimentos que se encuentran en el fondo al siguiente molino.

**Pre molienda II**

Tiene por objetivo realizar una separación adicional de los gérmenes que quedaban unidos a pedazos de endospermos y cortezas provenientes del molino previo I, el funcionamiento es igual que el descrito en la operación pre molienda I, con la diferencia que la suspensión acuosa se transporta al degerminador III.

Lavado y deshidratación de germen

Tiene el objetivo de eliminar del germen todos los restos de almidón y proteínas que hayan quedado en el paso de degerminación; con posterior reducción del % de humedad (58 %). El germen entra a la lavadora por la parte inferior de la cuarta etapa, avanzando hacia la primera a contracorriente compuesta por cuatro cilindros perforados colocados verticalmente provistos en su interior de un tornillo sin fin encargado de transportar el germen hacia su parte superior. En su cribar todas las impurezas pasan al agua de lavado que finalmente se recopilan en el tanque colector 110-05, los embriones lavados que salen de la cuarta etapa caen en tornillo colector que lo transporta hasta la prensa de tornillo continuo donde son desaguado antes de pasar al secador.

Secado de germen

Tiene como objetivo de disminuir el % de humedad del germen hasta el valor previsto (de 3 a 6 %), la temperatura de trabajo debe estar entre 75 y 80 °C. El material húmedo cae sobre el haz tubular ocurriendo un intercambio de calor y masa a medida que se transporta por el secador, el material seco se destina para la elaboración del pienso animal.

Molienda fina

Se realiza la molienda final del producto para la disminución de su granulometría. De la degerminadora III, las cortezas o fibras gruesas, fibras finas o sémola y endospermos (gluten y almidón) son conducidos por transportador de tipo tornillo inclinado, al molino fino, en este transportador también ocurre un efecto de deshidratación. El molino trabaja a una velocidad supersónica de acuerdo al principio impacto/impulso lo que hace posible una reducción granulométrica de las partículas. A la entrada del molino se alimenta agua de proceso del tanque 3, solo para la arrancada. El flujo de producto es entonces bombeado a la etapa de lavado de fibras gruesas.

Lavado de fibras

Las fibras son la parte celulósica del grano del maíz y consiste en dos fracciones diferentes de las cortezas y las fibras finas o sémolas. Por sus propiedades diferentes las cortezas y las fibras se lavan separadas para asegurar el mejor resultado. La lechada del molino fino se hace pasar



por dos lavadoras de corteza paralelas en cuatro etapas de tipo igual a las lavadoras de embriones.

Gruesas

Tiene el objetivo de separar las fibras gruesas proveniente del molino fino y quitarles las partículas de almidón que puedan irse con ellas. La suspensión acuosa proveniente del molino fino es bombeada hacia la lavadora de fibras gruesas la cual consta de cuatro etapas trabajando en serie. De este lavado se obtiene las cortezas del maíz limpio y una suspensión acuosa del almidón con algunas fibras finas que pudieran pasar a través de la criba, seguidamente es bombeada hacia las lavadoras de fibras finas.

Finas

El objetivo de esta sección es separar las fibras finas de la suspensión acuosa de almidón. Toda la suspensión acuosa de almidón proveniente de las lavadoras de fibras gruesas baja por gravedad a las lavadoras de fibra fina, esta es una unidad que consta de tamices cónicos con cuatro etapas que trabajan en paralelo. Los productos que resultan de estas lavadoras son sémolas limpias y una lechada de almidón con gluten, denominándose “*mill-flow*” o flujo de molino, constituye la corriente principal del proceso y prosigue hacia el tanque de almidón crudo (Pre-concentración) su flujo, para su posterior separación.

Desaguado de fibras

Tiene el objetivo de extraer la mayor cantidad posible de agua, siendo el óptimo (60% H), para optimizar el paso de secado. Antes de mezclarse las fibras finas pasa por un proceso de desaguado, donde el germen es arrastrado desde los degerminadores donde le extraen la mayor cantidad de agua posible, posteriormente se unen y caen en la prensa de tonillo sinfín; el agua resultante va al tanque colector y las fibras caen al tornillo colector, encargado de alimentar al secador.

Secado de fibras

Se realiza en un secador tubular con entrada de vapor, siendo la temperatura de trabajo entre (80 y 85 °C), tiene el objetivo de eliminar la humedad de las fibras provenientes de las prensa. Se alimenta lentamente con material húmedo proveniente de las prensas hasta alcanzar el valor previsto, (10 a 13% de Humedad), el material seco se utiliza en la elaboración del pienso animal. Posterior al secado del forraje y de germen estos son depositados en el silo de forraje y de germen respectivamente.

Separación Primaria

Un tanque de alimentación (tanque de pre-concentración del almidón crudo), es el inicio de esta operación al cual llega un flujo de la planta que contiene almidón y proteína (gluten) esta última



siendo en parte soluble. En el separador primario, la proteína insoluble se parte como una fracción ligera (reboso) y el almidón queda como la fracción pesada (subflujo), no obstante, todavía conteniendo impurezas. En esta etapa el flujo de alimentación de la separadora se regula manualmente siendo para una molida de 12 vueltas $35 \text{ m}^3/\text{h}$, y la proteína insoluble se quita lavando. La fracción de almidón pasa a la etapa de refinación. Los principales parámetros de esta etapa se muestran en la **Tabla 4**.

Tabla 4: Parámetros para la separación primaria de maíz. **Fuente:** Proceso Tecnológico planta de almidón, UEB Glucosa.

Índice	Alimentación	Reboso	Subflujo
Contenido de proteína (% DS/ DS)	8-10	60-65	2-4
Densidad ($^{\circ}\text{Be}$)	Mínimo 18	Mínimo 18	Mínimo 18

Por otro lado la fracción de gluten que sale de la separación primaria tiene una concentración de 6 -12 g/l. Este reboso es ventajoso concentrarlo, por lo que pasa por un sistema de flotación (cajas de espuma) y posteriormente por un concentrador centrífugo de tipo boquilla.

El gluten se recupera como la fracción ligera (reboso) con una concentración de 15 - 20 g/l. El subflujo de las cajas de espumas, siendo agua del proceso va al tanque de proceso # 3. Con bombas de traslado especiales el reboso se envía al concentrador de gluten el cual produce un concentrado de 100-140 g/l y como reboso un agua de proceso 2-5 g/l de insolubles y va a los tanques de agua del proceso # 1 o 3. El subflujo o concentrado va pasando por un sistema de reciclo para obtener una concentración lo más alta posible. Actualmente no se ejecuta la concentración del gluten, por lo que luego de la separación primaria toda la suspensión que contiene gluten se vierte directamente a la alcantarilla de la planta y esta a su vez a los residuales.

Refinación y concentración de almidón

La limpieza final del almidón se hace en un sistema de separación de tres etapas. En cada una, una fracción ligera se aparta y se envía a contracorriente. Esta fracción contiene sobre todo proteínas y partículas finas de granos de almidón y se llama Middlings. Cuando los Middlings son reciclados a la etapa primaria se establece un cierto equilibrio en la división total entre almidón y proteína, antes que se devuelvan a la etapa primaria son concentrados a fin de reducir la carga volumétrica en el separador primario y en el concentrador de gluten.

En esta etapa las proteínas son separadas como reboso y el almidón como subflujo. Aquí la mayoría de las proteínas que quedan se quitan lavando con agua de lavado que viene de la tubería de agua fresca hacia el interior del último refino, el flujo normal de agua de lavado es de $10 \text{ m}^3/\text{h}$. El agua fresca en este tercer refino se bombea con el reboso hacia delante en el



sistema del proceso por los otros separadores, donde deja la sección de refinación en parte por el separador de middlings como agua del proceso y en parte por el reboso del separador primario, junto con la fracción de proteína insoluble, la cual se bombea a través de las cajas de espumas al concentrador de gluten.

Para reducir la carga del separador primario el reboso del primer refino cual efluente contiene principalmente proteínas y almidón va hacia el separador middlings, donde se concentra y este concentrado va después al separador primario por el tanque. La leche de almidón obtenida en la tercera etapa de refinado es alimentada al tanque y desde ahí esta lechada es bombeada hacia la etapa de desaguado de almidón o alternativamente a la sección de glucosa.

Desaguado de almidón

Posteriormente la leche de almidón se bombea al filtro de vacío, a fin de obtener una deshidratación apropiada es necesario que la leche de almidón tenga una concentración de 12 °Bé. La leche de almidón se alimenta a la tina del filtro de vacío. Es importante para un desagüe exacto que el nivel en esta tina siempre sea constante. Un dispositivo automático de control de nivel, está instalado para ese fin. El almidón desaguado sale del filtro y entra en un mezclador de tornillo.

Secado de almidón

El almidón se seca con aire caliente, el cual se caldea con vapor a través de un intercambiador de calor, posteriormente es transportado y después es separado en un ciclón. Este aire separado pasa por el ventilador principal al limpiador húmedo en el cual se quitan partículas de polvo.

Almacenamiento y Empaque de almidón

El almidón seco es transportado neumáticamente hacia un silo, que está equipado con un tornillo de mezcla para obtener una calidad y sequedad uniforme de almidón. Saliendo del silo el almidón es transportado neumáticamente a la estación de ensacar, donde se realizan los análisis químicos y físicos y cuando este con la calidad requerida pasa para el área de almacén y luego se procede a la venta del mismo.

Sistema de abasto de agua

El agua se recibe del acueducto y se almacena en dos tanques altos de tipo industrial, lo cual condiciona que cada tres meses deban ser limpiados y abatizados, realizándose por parte de Centro Provincial de Higiene y Epidemiología (CPHE) controles sistemáticos. La recepción se hace por dos entradas, una en el área de residuales y otra en el área de la cisterna ubicada al



lado de la Fábrica de Hielo. La fuente de abastecimiento es por acueducto, entra por la conductora del Damují y otra por la conductora Caonao.

El agua que entra por el área de residuales se almacena en dos digestores de capacidad de 1500 m^3 cada uno y la cisterna acumula 4500 m^3 desde donde es bombeada a un tanque elevado de 30 m de altura y de ahí llega a las distintas áreas de la entidad por gravedad. En toda la empresa existen áreas donde se evidencian pérdidas y gastos de agua por las características de los procesos y también por salideros debido, a veces, al mal estado técnico de las instalaciones y a la conducta de derroche en otras ocasiones.



Anexo 75: Área de producción de la planta de almidón. **Fuente:** UEB Glucosa Cienfuegos.



Figura 1: Zaranda de tipo convencional para tamizado de maíz



Figura 2: Baterías de cubas para la maceración de maíz



Figura 3: Quemador de azufre



Figura 4: Tornillo de alimentación al molino previo I



Figura 5: Molino previo



Figura 6: Lavadoras de germen



Figura 7: Degerminadoras



Figura 8: Lavadoras de forraje



Figura 9: Secadores de forraje



Figura 10: Tanque colector 010-05



Figura 11: Secadores de germen



Figura 12: Pre limpiadores y colador de seguridad



Figura 13: Separador primario



Figura 14: Refinadoras y concentrador middling



Figura 15: Concentrador de gluten



Figura 16: Filtro rotatorio al vacío



Figura 17: Secador de almidón



Figura 18: Silo de almidón



Anexo 76: Resumen de las entradas y salidas del proceso de producción de la planta de almidón y la planta de obtención del agua sulfurosa. **Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 1: Entradas y salidas de las operaciones para la obtención de almidón. **Fuente:** Elaboración propia.

Operación/Etapa	Entradas		Salidas		
	Materiales	Energía	Producto	Residuos	Emisiones y vertidos
Recepción	Maíz sucio	Energía eléctrica	Maíz sucio	Maíz derramado	-
Limpieza	Maíz sucio	Energía eléctrica	Maíz limpio	Impurezas	-
Maceración	Vapor, agua sulfurosa, maíz limpio	Energía eléctrica, fuel oil	Maíz macerado, licor de remojo	-	Licor de remojo a residuales
Molino Previo I	Maíz macerado, suspensión acuosa	Energía eléctrica	Maíz separado en sus componentes	-	-
Degerminación	Agua sulfurosa, suspensión acuosa	Energía eléctrica	Germen suspensión acuosa	-	-
Molino Previo II	Suspensión acuosa	Energía eléctrica	Suspensión acuosa	-	-
Lavado y deshidratación de germen	Germen húmedo y agua de proceso	Energía eléctrica	Germen limpio y húmedo	-	-
Secado de germen	Germen deshidratado, vapor	Energía eléctrica Fuel oil	Germen con % de humedad y agua		-
Molino fino	Suspensión acuosa con fibras, gluten, almidón y germen	Energía eléctrica	Suspensión acuosa con almidón y gluten	-	-
Lavado de fibras gruesas	Suspensión acuosa con fibras, gluten y almidón	Energía eléctrica	Corteza de maíz, limpio, suspensión acuosa	-	-
Lavado de fibras finas	Corteza de maíz, limpio, suspensión de almidón y fibras	Energía eléctrica	Fibra fina limpia, lechada de almidón con gluten	-	-
Desaguado de	Forraje húmedo,	Energía	Forraje limpio,	-	-



forraje	agua de proceso y fibras	eléctrica	deshidratado y agua de lavado		
Secado de forraje	Forraje deshidratado, fibra fina húmeda, vapor	Energía eléctrica Fuel oil	Forraje con % de humedad y agua	-	-
Separación primaria	Lechada de almidón crudo, agua de lavado	Energía eléctrica	Suspensión de gluten, lechada de almidón S/R	-	Suspensión de gluten a residuales
Refinación	Lechada de almidón sin refinar, agua fresca	Energía eléctrica	Lechada de almidón refinado, subflujo	-	-
Desaguado de almidón	Lechada de almidón refinado, agua fresca	Energía eléctrica	Almidón húmedo, subflujo	-	-
Secado de almidón	Almidón húmedo, vapor	Energía eléctrica Fuel oil	Almidón seco, condensado	-	Almidón en el área y atmósfera
Empaque de almidón	Almidón seco y aire comprimido, sacos, hilo	Energía eléctrica	Producto final	Barredura	-

Tabla 2: Entradas y salidas de las operaciones para la obtención del agua sulfurosa. **Fuente:** Elaboración propia.

Operación	Entradas		Salidas		
	Materiales	Energía	Producto	Residuos	Emisiones y vertidos
Quemado de azufre	Azufre sólido, aire atmosférico y agua 25 °C	Energía eléctrica	Dióxido de azufre gaseoso y agua a 30 °C	Derrame de azufre sólido	Dióxido de azufre gaseoso a la atmósfera y agua que refresca al quemador
Torre de absorción	Dióxido de azufre gaseoso, agua de proceso		Agua sulfurosa	-	Dióxido de azufre gaseoso a la atmósfera
Tanque recolector	Agua de proceso y sulfurosa		Agua sulfurosa	-	-



Anexo 77: Resumen con los datos para el balance masa de las operaciones de la planta de almidón. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Chou Rodríguez (2012); García Yanes (2012); García Zamora (2012) y de la Norma de Proceso Tecnológico (NEIAL 2306.19 1999).

Etapas	Producto	Parámetro a medir	Resultado	Fuente de obtención de los datos
Recepción	Maíz sucio (A)	Cantidad	3 539 070.7 t/año	A partir de informe de recepción del almacén
Limpieza	Maíz limpio (E)	Impurezas	2.5%	Según la NEIAL 2306.19
		Granos partidos	6%	
		% de agua	15%	Según la NEIAL 2306.19
Maceración	Agua sulfurosa 1500 ppm (F)	Caudal de salida	1,8 m ³ /año	Medido a la salida de la torre 1
		Densidad	1200 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
	Maíz macerado (H)	Cantidad	3 261 816.3 t/año	Informe de producción, Balance 2012
		% de agua sulfurosa	45%	Según la NEIAL 2306.19
	Licor de remojo (G)	Caudal de salida	6 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Densidad	1100 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
		Concentración	60g SDT/L	Según literatura
Molinación y Degerminación	Agua sulfurosa 600 ppm (I)	Caudal de entrada	1,8 m ³ /h	Medido a la salida de la torre 2
		Densidad	1200 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
	Germen 75% Humedad (J)	Cantidad	467,92 kg/h	Pesado a la salida de la degerminadora
Lavado de fibras gruesas	Agua de lavado (L)	Caudal de entrada	0,18 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Densidad	1150 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
	Fibra gruesa húmeda (M)	Cantidad	648 kg/h	Pesado a la salida de las lavadoras
Lavado de fibras finas	Agua de lavado (Ñ)	Caudal de entrada	3 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Densidad	1180 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
	Fibra fina 90% Humedad (O)	Cantidad	3060 kg/h	Pesado a la salida de la mono bomba de



				fibras
Separación primaria	Agua de proceso (Q)	Caudal de entrada	25 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Densidad	1043 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
	Suspensión acuosa con gluten (R)	Caudal de salida	18 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Densidad	12 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
		Concentración	6-12 g/L	Según la NEIAL 2306.19
Refinación	Agua fresca (T)	Caudal de entrada	10 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Densidad	1000 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
	Lechada de almidón refinado (V)	Caudal de salida	5,3 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Densidad	1141 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
Desaguado de almidón	Agua fresca (Y)	Caudal de entrada	2,4 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Densidad	1000 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
	Agua de proceso (Z)	Caudal de salida	3,6 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Densidad	1014 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
Secado de almidón	Almidón seco (AS)	Cantidad	620 kg/h	Medido en el silo de salida
Planta de obtención de agua sulfurosa	Agua que refresca el quemador (A5)	Caudal del salida	4L/40seg	Medido manualmente
	Azufre sólido (Az1)	Cantidad	4kg/1000kg maíz limpio	Según índice de consumo planificado
		Pureza	98.7%	Determinada en el laboratorio
		Masa atómica	32 kg S ₈	Datos de química
	O ₂ (g) en exceso (Ai)	Caudal de entrada	8 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Masa atómica	16 kg O ₂	Datos de química
	Agua sulfurosa 1500 ppm (F)	Caudal de salida	1,8 m ³ /año	Medido a la salida de la torre 1
		Densidad	1200 kg/m ³	Determinada en el



	Agua sulfurosa 600 ppm (I)	Concentración de SO ₂	1 560 mg/L	laboratorio Determinada en el laboratorio
		Caudal de entrada	1,8 m ³ /h	Medido a la salida de la torre 2
		Densidad	600 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
		Concentración de SO ₂	554,67 mg/L	Determinada en el laboratorio
Concentración middling	Lechada de almidón recuperada (W)	Caudal de salida	8 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Densidad	1056 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
	Reboso de agua de proceso (X)	Caudal de salida	3,9 m ³ /h	Según la NEIAL 2306.19
		Densidad	1014 kg/m ³	Determinada en el laboratorio
Lavado y deshidratación de germen	Germen 75% Humedad (J)	Cantidad	467,92 kg/h	Pesado a la salida de la degerminadora
	Germen deshidratado 58% Humedad (GD)	Cantidad	426,67 kg/h	Pesado a la salida de la prensa
Secado de germen	Germen seco 6% Humedad (GS)	Cantidad	172 500 kg/día	Informe de producción, Balance 2012
Desaguado de forraje	Fibra gruesa 80% Humedad (M+O)	Cantidad	3708 kg/h	Pesado a la salida de las lavadoras
	Forraje deshidratado (FD)	Cantidad	2688,3 kg/h	Pesado a la salida de la prensa
Secado de forraje	Forraje seco (FS)	Cantidad	406 190 kg/año	Informe de producción, Balance 2012



Anexo 78: Datos de registros lecturas al metro contador para calcular el consumo de agua de la planta de almidón. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información de la empresa.

Lectura	Consumo de agua de las plantas de almidón y de glucosa	Consumo de agua de la planta de glucosa	Consumo de agua de la planta de almidón (diferencia)
1	1121	670	451
2	986	419	567
3	1363	752	611
4	795	483	312
5	1069	653	416
6	1032	826	206
7	1095	759	336
8	1236	733	503
9	1231	958	273
10	1348	472	876
11	899	534	365
12	795	422	373
13	964	603	361
14	899	374	525
15	798	389	409
16	953	501	452
17	894	358	536
18	996	401	595
19	982	413	569
20	987	420	567
Promedio	1022,15	557	465,15



Anexo 79: Resumen del consumo de portadores energéticos y la producción alcanzada en la UEB Glucosa en el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia.

Mes	Producción (t)	Consumo de energía (MWh)	Consumo de fuel oil (t)	Consumo de agua (m ³)
Enero	484,47	103,112	55,376	7212
Febrero	144,18	65,00	28,218	6230
Marzo	1083,26	161,072	85,351	31064
Abril	1087,70	139,073	71,880	21653
Mayo	621,17	122,357	52,747	30012
Junio	921,36	127,005	59,808	27354
Julio	859,86	162,761	77,812	15981
Agosto	264,90	82,223	39,865	9509
Septiembre	1495,30	191,369	104,736	25912
Octubre	1266,93	155,341	79,447	19315
Noviembre	451,44	75,497	38,561	9215
Diciembre	1306,58	131,900	73,024	2120



Anexo 80: Análisis de regresión entre las variables consumo de agua (m³) y la producción de almidón (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Variable dependiente: Consumo de agua (m³)

Variable independiente: Producción (t)

Tabla 1: Comparación de Modelos Alternos.

Modelo	Correlación	R ² (%)	Modelo	Correlación	R ² (%)
Logaritmo de X	0,4956	24,56%	Cuadrado Doble	0,3415	11,66%
Cuadrado-Y Log-X	0,4878	23,80%	Cuadrado de X	0,3383	11,44%
Inversa de X	-0,4878	23,79%	Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,3086	9,52%
Cuadrado-Y Inversa de X	-0,4718	22,26%	Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,2858	8,17%
Raíz Cuadrada de X	0,4675	21,86%	Exponencial	0,2637	6,95%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,4636	21,49%	Log-Y Cuadrado-X	0,1803	3,25%
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0,4557	20,76%	Inversa-Y Cuadrado-X	0,1098	1,20%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,4497	20,22%	Doble Inverso	0,1009	1,02%
Lineal	0,4261	18,16%	Inversa de Y	0,0508	0,26%
Cuadrado de Y	0,4253	18,08%	Inversa-Y Log-X	-0,0324	0,11%
Raíz Cuadrada Doble	0,4172	17,41%	Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	0,0105	0,01%
Raíz Cuadrada de Y	0,3736	13,96%	Logístico	<sin ajuste>	
Curva S	-0,3734	13,94%	Log probit	<sin ajuste>	
Multiplicativa	0,3463	11,99%			

Tabla 2: Resumen de los modelos y estimaciones de los parámetros.

	Mínimos Cuadrados Estándar Estadístico			
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	-28929,6	25665,7	-1,12717	0,2860
Pendiente	7043,93	3903,7	1,80442	0,1013

Tabla 3: Análisis de Varianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2,77923E8	1	2,77923E8	3,26	0,1013
Residuo	8,53588E8	10	8,53588E7		
Total (Corr.)	1,13151E9	11			

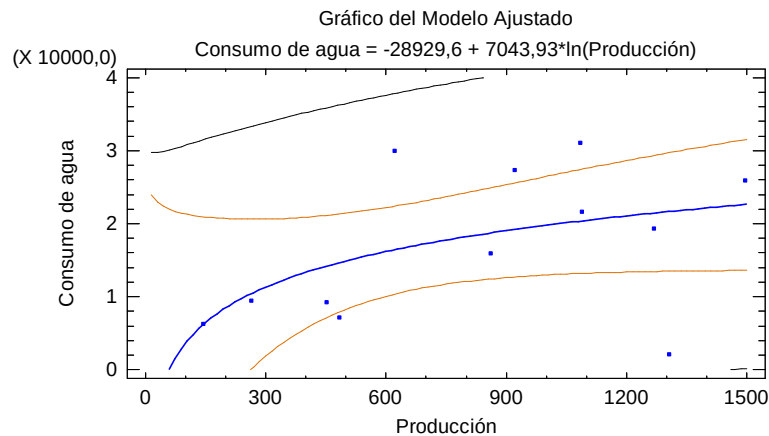


Figura 1: Modelo logarítmico ajustado para consumo de agua (m^3) vs producción (t).

De los modelos ajustados, el modelo log-X es el que arroja el valor más alto de R-Cuadrada con 24,5621%, 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 y Producción, 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 0,495602, indicando una relación relativamente débil entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 9238,98.

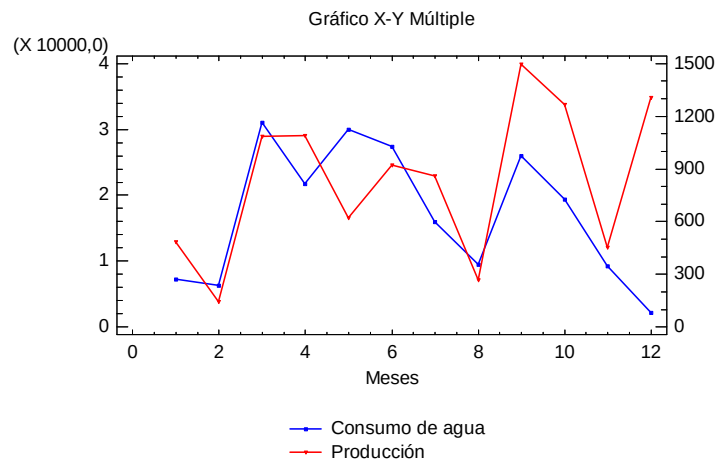


Figura 1: Comportamiento del consumo de agua (m^3) vs producción (t).

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 3**, 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.

	Normal
DMAS	0,106538
DMENOS	0,130317
DN	0,130317
Valor-P	0,986957

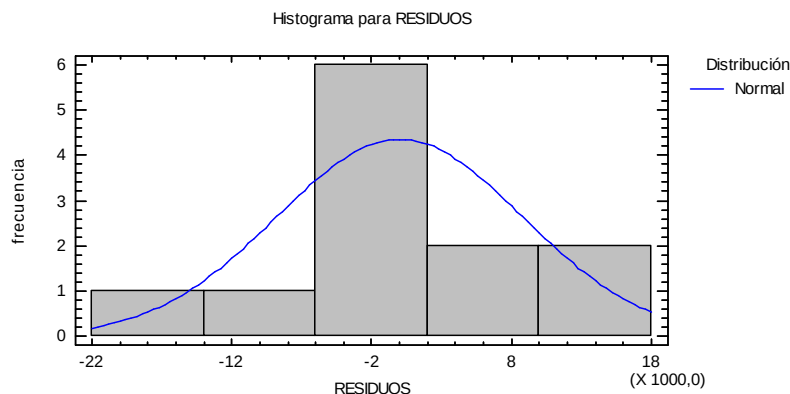


Figura 3: Histograma de frecuencia para residuales.

$$\begin{aligned}\bar{X} &= -0.00575 & \text{Prueba t} & & \text{Estadístico t} &= -0,00000226116 \\ \sigma &= 8809.02 & H_0: \bar{X} &= 0 & \text{Valor-P} &= 0,999998 \\ & & H_1: \bar{X} &\neq 0\end{aligned}$$

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 81: Análisis de regresión entre las variables consumo de energía eléctrica (MWh) Vs producción (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Variable dependiente: Consumo de energía (MWh) Variable independiente: Producción (t)

Tabla 1: Comparación de Modelos Alternos.

Modelo	Correlación	R ² (%)	Modelo	Correlación	R ² (%)
Inversa-Y Log-X	-0,9313	86,73%	Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,8621	74,31%
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,9176	84,19%	Cuadrado Doble	0,8511	72,43%
Multiplicativa	0,9172	84,12%	Cuadrado de X	0,8479	71,90%
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	-0,9148	83,69%	Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,8392	70,42%
Raíz Cuadrada Doble	0,9113	83,06%	Curva S	-0,8371	70,07%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,9026	81,46%	Cuadrado-Y Log-X	0,8308	69,03%
Raíz Cuadrada de X	0,8998	80,96%	Log-Y Cuadrado-X	0,8259	68,20%
Raíz Cuadrada de Y	0,8974	80,53%	Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0,8082	65,32%
Exponencial	0,8959	80,26%	Inversa-Y Cuadrado-X	-0,7881	62,11%
Lineal	0,8935	79,84%	Inversa de X	-0,7759	60,21%
Logaritmo de X	0,8829	77,96%	Cuadrado-Y Inversa de X	-0,7041	49,58%
Doble Inverso	0,8829	77,96%	Logístico	<sin ajuste>	
Inversa de Y	-0,8786	77,19%	Log probit	<sin ajuste>	
Cuadrado de Y	0,8707	75,81%			

Tabla 2: Coeficientes del modelo lineal.

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	60,1282	11,7833	5,10283	0,0005
Pendiente	0,0796195	0,0126522	6,29291	0,0001

Tabla 3: Análisis de Varianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	13289,5	1	13289,5	39,60	0,0001
Residuo	3355,88	10	335,588		
Total (Corr.)	16645,4	11			

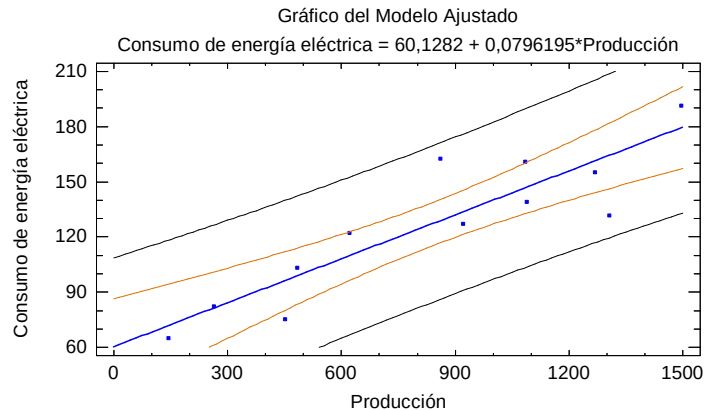


Figura 1: Modelo lineal ajustado para consumo de energía eléctrica (MWh) vs producción (t).

De los modelos ajustados, el modelo Y-inversa log-X es el que arroja el valor más alto de R-Cuadrada con 86,7295%. Este es 6,89051% 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 y producción, 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 0,9313, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 18,3191.

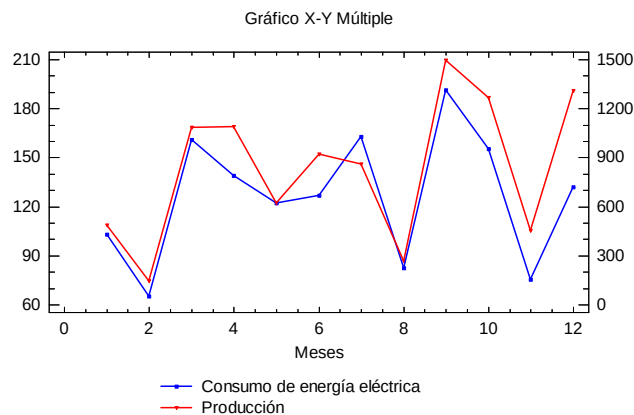


Figura 2: Comportamiento del consumo de energía eléctrica (MWh) vs producción.

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 3**, 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.

	Normal
DMAS	0,127041
DMENOS	0,16388
DN	0,16388
Valor-P	0,903954

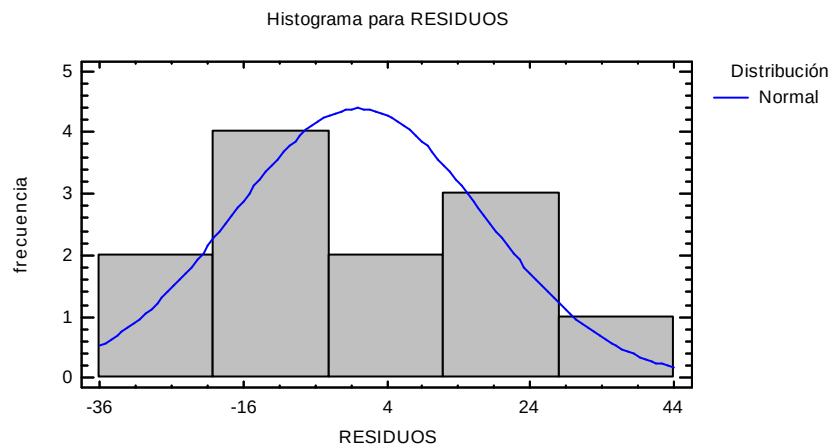


Figura 3: Histograma de frecuencia para residuales.

$$\bar{X} = 0,00000333333$$

$$\sigma = 17,4665$$

Prueba t

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

$$\text{Estadístico } t = 6,61093E-7$$

$$\text{Valor-P} = 0,999999$$

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.



Anexo 82: Análisis de regresión entre las variables consumo de fuel oil (t) versus Producción (t). **Fuente:** Elaboración propia.

Variable dependiente: Consumo de fuel oil (t) Variable independiente: Producción (t)

Tabla 1: Comparación de Modelos Alternos.

Modelo	Correlación	R ² (%)	Modelo	Correlación	R ² (%)
Inversa-Y Log-X	-0,9548	91,17%	Cuadrado de Y	0,8933	79,80%
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,9442	89,15%	Inversa de Y	-0,8903	79,27%
Multiplicativa	0,9420	88,74%	Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,8891	79,04%
Raíz Cuadrada Doble	0,9374	87,86%	Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,8683	75,40%
Raíz Cuadrada de Y	0,9313	86,74%	Log-Y Cuadrado-X	0,8669	75,16%
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	-0,9304	86,57%	Curva S	-0,8664	75,06%
Doble Inverso	0,9303	86,55%	Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0,8243	67,94%
Lineal	0,9268	85,89%	Cuadrado-Y Log-X	0,8221	67,59%
Exponencial	0,9265	85,85%	Inversa-Y Cuadrado-X	-0,8004	64,07%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,9224	85,08%	Inversa de X	-0,7775	60,45%
Raíz Cuadrada de X	0,9216	84,93%	Cuadrado-Y Inversa de X	-0,6781	45,99%
Cuadrado Doble	0,9031	81,56%	Logístico	<sin ajuste>	
Cuadrado de X	0,9023	81,42%	Log probit	<sin ajuste>	
Logaritmo de X	0,8947	80,06%			

Tabla 2: Coeficientes del modelo lineal.

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	24,6943	5,62246	4,39208	0,0014
Pendiente	0,0471099	0,00603708	7,80343	0,0000

Tabla 3: Análisis de Varianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	4652,59	1	4652,59	60,89	0,0000
Residuo	764,054	10	76,4054		
Total (Corr.)	5416,65	11			

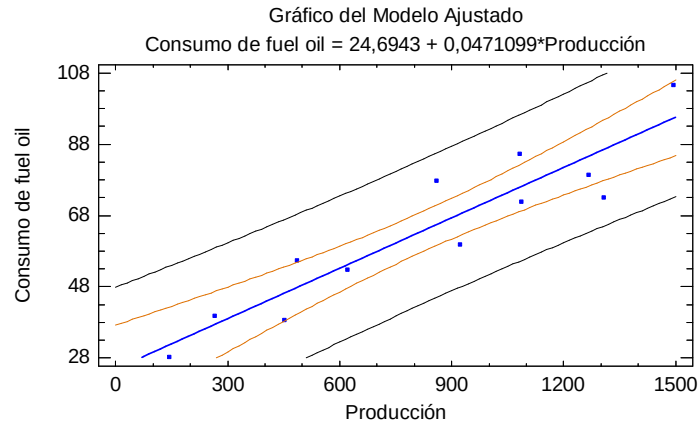


Figura 1: Modelo lineal ajustado para consumo de fuel oil (t) vs producción (t).

De los modelos ajustados, el modelo Y-inversa log-X es el que arroja el valor más alto de R-Cuadrada con 91,1712%. Este es 5,27691% 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 fuel oil y Producción, 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 0,9548, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 8,74102.

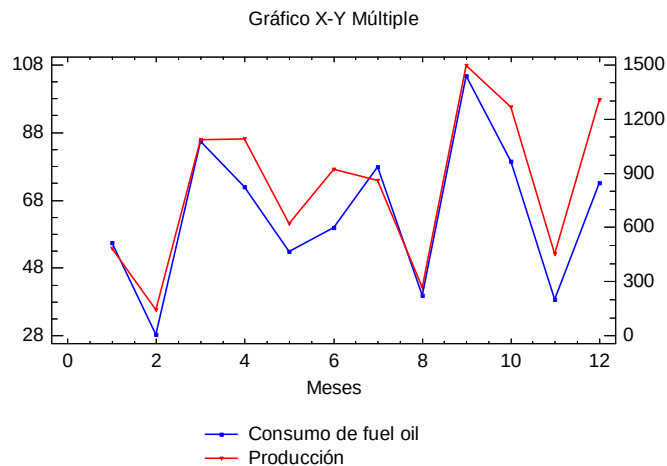


Figura 2: Comportamiento del consumo de fuel oil (t) vs producción.

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: $e \sim N(0, \sigma^2_{cte})$ 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 3**, 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.

	Normal
DMAS	0,152542
DMENOS	0,160469
DN	0,160469
Valor-P	0,916788

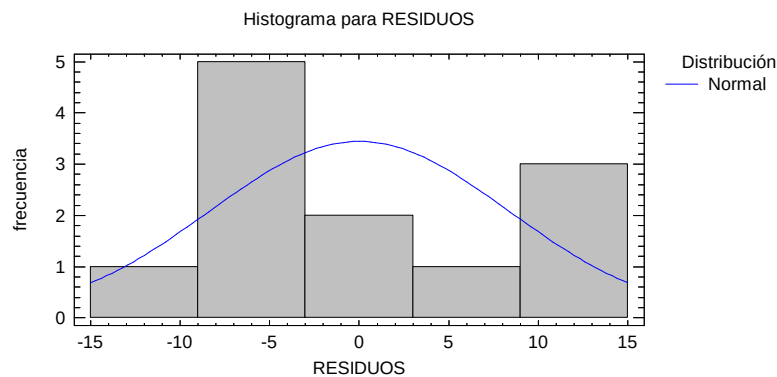


Figura 3: Histograma de frecuencia para residuales.

$$\bar{X} = 0,0000033333$$

$$\sigma = 8,33423$$

Prueba t

$$H_0: \bar{X} = 0$$

$$H_1: \bar{X} \neq 0$$

Estadístico t

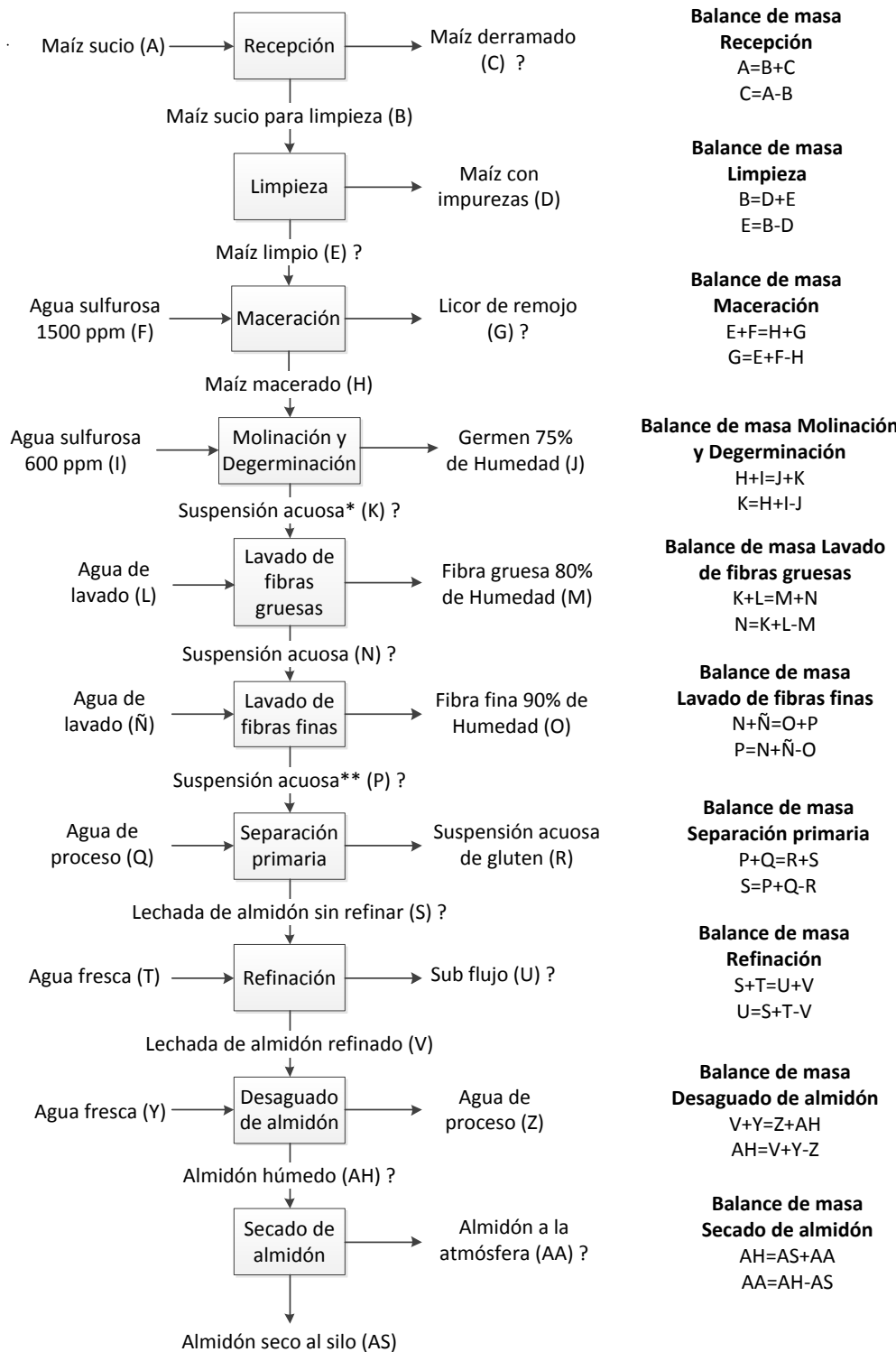
$$= 0,000001386$$

$$\text{Valor-P} = 0,999999$$

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.



Anexo 83: Balance de masa de las operaciones de la planta de almidón. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Chou Rodríguez (2012); García Yanes (2012); García Zamora (2012).



**Balance de masa Recepción y Limpieza**

El balance se realiza tomando en cuenta solamente la producción de 1 311,355 t de almidón y 3 261 816,3 kg/maíz, limpio y macerado para llevar a cabo la misma; datos tomados del Informe de Balance 2012 UEB Glucosa Cienfuegos. Las horas trabajadas por la planta según datos ofrecidos por la Sala de Análisis de la empresa fueron 1 288 h/año.

Datos

- Cantidad de maíz sucio (A): 3 539 070.7 kg maíz/año
- Cantidad de maíz macerado (H) representa la misma cantidad de maíz limpio (E): (H)=(E)= 3 261 816.3 kg maíz/año
- Maíz con impurezas (D): 2.5% de impurezas compuestas por (tusas, palos, piedras, granos muertos y dañados por calor) y un 6 % de granos partidos.
- Maíz derramado (C):
- Maíz sucio para limpieza (B):

Balance Recepción

$$A=B+C$$

$$C=A-B$$

$$C= (3\,539\,070.7 - 3\,285\,382.384) \text{ kg maíz/año}$$

$$C= 253\,688.316 \text{ kg maíz/año}$$

Balance Limpieza

$$D= 2.5\%(277\,254.4 \text{ kg maíz/año}) + 6\%(277\,254.4 \text{ kg maíz/año})$$

$$D= (6\,931.36 + 16\,634.724) \text{ kg maíz/año}$$

$$D= 23\,566.084 \text{ kg maíz/año}$$

$$B=D+E$$

$$B= (23\,566.084 + 3\,261\,816.3) \text{ kg maíz/año}$$

$$B= 3\,285\,382.384 \text{ kg maíz/año}$$

Balance de masa MaceraciónDatos

- Agua sulfurosa 1 500ppm (F): $1.8 \text{ m}^3/\text{h}$ con una densidad de $1\,200 \text{ kg/m}^3$, por tanto:

$$F = \frac{1.8 \text{ m}^3 \text{H}_2\text{SO}_3}{\text{h}} \times \frac{1288 \text{ h}}{\text{año}} = 2\,318.4 \text{ m}^3 \text{H}_2\text{SO}_3/\text{año}$$

- Maíz macerado (H): 3 261 816.3 kg maíz/año
- Licor de remojo derramado a residuales (G):

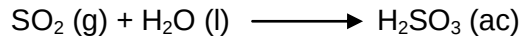
Balance

$$E+F = G+H$$

$$G = E+F-H$$



Para la obtención del agua sulfurosa se produce la reacción:



Donde:

Masa atómica de $\text{H}_2\text{O} = 18 \text{ kg H}_2\text{O}$

Masa atómica de $\text{H}_2\text{SO}_3 = 82 \text{ kg H}_2\text{SO}_3$

Por estequiometría se tiene la relación que expresa la cantidad de agua (kg) por cada (kg) de ácido sulfuroso que hay en el agua sulfurosa; lo que queda de la siguiente forma:

$$X = \frac{18 \text{ kg H}_2\text{O}}{82 \text{ kg H}_2\text{SO}_3} = 0.21 \text{ kg H}_2\text{O/kg H}_2\text{SO}_3$$

Teniendo en cuenta:

- La densidad del agua sulfurosa ($1\,200 \text{ kg H}_2\text{SO}_3/\text{m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_3$)
- El % de agua sulfurosa en el maíz macerado ($0.42 \text{ kg H}_2\text{SO}_3/\text{kg maíz}$)
- La relación estequiométrica $X = 0.21 \text{ kg H}_2\text{O/kg H}_2\text{SO}_3$

El Balance queda:

$$E \times \% \text{H}_2\text{O} + F \times \rho \times X = H \times \% \text{H}_2\text{O} + G$$

Para obtener la cantidad de H_2O en el licor de remojo:

$$E = 3\,261\,816.3 \frac{\text{kg maíz}}{\text{año}} \times 0.15 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg maíz}} = 489\,272.445 \text{ kg H}_2\text{O/año}$$

$$F = 2\,318.4 \frac{\text{m}^3 \text{H}_2\text{SO}_3}{\text{año}} \times \frac{1\,200 \text{ kg H}_2\text{SO}_3}{\text{m}^3 \text{H}_2\text{SO}_3} \times 0.21 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg H}_2\text{SO}_3} = 584\,236.8 \text{ kg H}_2\text{O/año}$$

$$H = 3\,261\,816.3 \frac{\text{kg maíz}}{\text{año}} \times 0.42 \frac{\text{kg H}_2\text{SO}_3}{\text{m}^3 \text{H}_2\text{SO}_3} \times 0.21 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg H}_2\text{SO}_3} = 287\,692,1977 \text{ kg H}_2\text{O/año}$$

$$G = E + F - H$$

$$G = 489\,272.445 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{año}} + 584\,236.8 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{año}} - 287\,692,1977 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{año}} = 785\,817.05 \text{ kg H}_2\text{O/año}$$



Para determinar la cantidad de agua en m^3 que se vierte a residuales, es necesario considerar que $1\text{kg de H}_2\text{O} = 0,001\text{ m}^3\text{ de H}_2\text{O}$, efectuando el cálculo se tiene:

$$G = 785\,817.05 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{año}} \times 0.001 \frac{\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}}{\text{kg H}_2\text{O}} = 785.82 \text{ m}^3 \text{H}_2\text{O/año}$$

Como se obtuvo G en términos de kg de agua es necesario tener en cuenta la concentración del licor de remojo; por lo tanto si el licor tiene 60 gSDT/L (Sólidos Disueltos Totales), se tiene

$$60 \text{ gSDT/L} = 1000 - 60 = 940 \text{ kg H}_2\text{O}$$

Fracción de agua en el licor (Fa):

$$Fa = \frac{940 \text{ kg H}_2\text{O/m}^3 \text{licor}}{1\,100 \text{ kg licor/m}^3 \text{licor}} = 0.85 \text{ kg H}_2\text{O/kg licor}$$

Cantidad de licor de remojo derramado (G):

$$G = \frac{G}{Fa} = \frac{785\,817.05 \text{ kg H}_2\text{O/año}}{0.85 \text{ kg H}_2\text{O/kg licor}} = 924\,490.65 \text{ kg licor/año}$$

Para llevar la cantidad de licor derramado (G) a m^3 , se divide entre la densidad según se muestra:

$$G = \frac{924\,490.65 \text{ kg licor/año}}{1\,100 \text{ kg licor/m}^3 \text{licor}} = 840.45 \text{ m}^3 \text{licor/año}$$

Balance de masa Molinación y Degerminación

Datos

- Maíz macerado (H)= 3 261 816.3 kg maíz/año
- Agua sulfurosa 600ppm (I): $1.8\text{m}^3/\text{h}$ con una densidad de 600 kg/m^3 , por tanto:

$$I = \frac{1.8 \text{ m}^3 \text{H}_2\text{SO}_3}{\text{h}} \times \frac{600 \text{ kg H}_2\text{SO}_3}{\text{m}^3 \text{H}_2\text{SO}_3} \times \frac{1\,288 \text{ h}}{\text{año}} = 1\,391\,040 \text{ kg/año}$$

- Germen Húmedo (J): $J = 467.92 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{1\,288 \text{ h}}{\text{año}} = 602\,680.96 \text{ kg/año}$
- Suspensión acuosa (K):

Balance

$$H+I = J+K \quad K = (3\,261\,816.3 + 1\,391\,040 - 602\,680.96) \text{ kg/año}$$

$$K = H+I-J \quad K = 4\,050\,175.34 \text{ kg/año}$$

**Balance de masa Lavado de Fibras Gruesas**Datos

- Suspensión acuosa (K)= 4 050 175.34 kg/año
- Agua de lavado (L): 0,18m³/h con densidad de 1 150 kg/m³, por tanto:

$$L = \frac{0.18 \text{ m}^3}{h} \times 1150 \frac{kg}{m^3} \times \frac{1288 h}{año} = 266\,616 \text{ kg/año}$$

- Fibras gruesas húmeda (M): $M = 648 \frac{kg}{h} \times \frac{1288 h}{año} = 834\,624 \text{ kg/año}$
- Suspensión acuosa (N):

Balance

$$K+L = M+N \quad N = (4\,050\,175.34 + 266\,616 - 834\,624) \text{ kg/año}$$

$$N = K+L-M \quad N = 3\,482\,167.34 \text{ kg/año}$$

Balance de masa Lavado de FibrasDatos

- Suspensión acuosa (N)= 3 482 167.34 kg/año
- Agua de lavado (Ñ): 3m³/h con densidad de 1 180 kg/m³, por tanto:

$$\tilde{N} = \frac{3 \text{ m}^3}{h} \times 1180 \frac{kg}{m^3} \times \frac{1288 h}{año} = 4\,559\,520 \text{ kg/año}$$

- Fibras finas (O): $O = 3\,060 \frac{kg}{h} \times \frac{1288 h}{año} = 3\,941\,280 \text{ kg/año}$
- Suspensión acuosa (P):

Balance

$$N+\tilde{N} = O+P \quad P = (3\,482\,167.34 + 4\,559\,520 - 3\,941\,280) \text{ kg/año}$$

$$P = N+\tilde{N} - O \quad P = 4\,100\,407.34 \text{ kg/año}$$

Balance de masa Separación primariaDatos

- Suspensión acuosa (P)= 4 100 407.34 kg/año
- Agua de proceso (Q): 35 m³/h con densidad de 1 043 kg/m³, por tanto:

$$Q = \frac{35 \text{ m}^3}{h} \times \frac{1\,043 \text{ kg}}{m^3} \times \frac{1288 h}{año} = 47\,018\,440 \text{ kg/año}$$

- Suspensión acuosa de gluten (R): 18m³/h con densidad de 12 kg/m³ y concentración (Cg) de 6-12 g/L, por tanto:



$$R = \frac{18 \text{ m}^3}{h} \times \frac{12 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ 288 h}}{\text{año}} = 278 \text{ 208 kg/año}$$

Para llevar la cantidad de gluten en unidades másicas a unidades volumétricas, se trabaja con el promedio de la concentración (Cg), es decir 9 g/L:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kg} &= 1 \text{ L} \\ 1 \text{ L} &= 0.001 \text{ m}^3 \\ Cg &= \frac{9 \text{ g}}{\text{L}} \times \frac{0.001 \text{ kg}}{1 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ L}}{0.001 \text{ m}^3} = \frac{9 \text{ kg de gluten}}{\text{m}^3} \\ R &= \frac{278 \text{ 208 kg de gluten/año}}{9 \text{ kg de gluten/m}^3} = 30 \text{ 912 m}^3/\text{año} \end{aligned}$$

Para determinar la cantidad de agua que se pierde por concepto de gluten, se tiene:

$$\text{Agua en R} = \frac{278 \text{ 208 kg/año}}{12 \text{ kg/m}^3 \text{ H}_2\text{O}} = 23 \text{ 184 m}^3 \text{ H}_2\text{O/año}$$

- Lechada de almidón S/R (S):

Balance

$$P+Q = R+S \quad S = (4 \text{ 100 407.34} + 47 \text{ 018 440} - 278 \text{ 208}) \text{ kg/año}$$

$$S = P+Q-R \quad S = 50 \text{ 840 639.34 kg/año}$$

Balance de masa Refinación

- Lechada de almidón S/R (S)= 50 840 639.34 kg/año
- Agua fresca (T): 10 m³/h con densidad de 1 000 kg/m³, por tanto:

$$T = \frac{10 \text{ m}^3}{h} \times 1 \text{ 000 } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ 288 h}}{\text{año}} = 12 \text{ 880 000 kg/año}$$

- Lechada de almidón refinado (V): 5.3 m³/h con densidad de 1 141 kg/m³, por tanto:

$$V = \frac{5.3 \text{ m}^3}{h} \times 1 \text{ 141 } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ 288 h}}{\text{año}} = 7 \text{ 788 922.4 kg/año}$$

- Subflujo (U):

Balance

$$S+T = U+V \quad U = (50 \text{ 840 639.34} + 12 \text{ 880 000} - 7 \text{ 788 922.4}) \text{ kg/año}$$

$$U = S+T-V \quad U = 55 \text{ 931 716.94 kg/año}$$

Balance de masa Desaguado de almidón

Datos

- Lechada de almidón refinada (V)= 7 788 922.4 kg/año



- Agua fresca (Y): $2.4 \text{ m}^3/\text{h}$ con densidad de $1\,000 \text{ kg/m}^3$, por tanto:

$$Y = \frac{2.4 \text{ m}^3}{\text{h}} \times 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1\,288 \text{ h}}{\text{año}} = 3\,091\,200 \text{ kg/año}$$

- Agua de proceso (Z): $3.6 \text{ m}^3/\text{h}$ con densidad de $1\,014 \text{ kg/m}^3$, por tanto:

$$Z = \frac{3.6 \text{ m}^3}{\text{h}} \times 1\,014 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1\,288 \text{ h}}{\text{año}} = 4\,701\,715.2 \text{ kg/año}$$

- Almidón húmedo (AH):

Balance

$$V+Y = Z+AH \quad AH = (7\,788\,922.4 + 3\,091\,200 - 4\,701\,715.2) \text{ kg/año}$$

$$AH = V+Y - Z \quad AH = 6\,178\,407.2 \text{ kg/año}$$

Balance de masa Secado de almidón

Datos

- Almidón húmedo (AH)= $6\,178\,407.2 \text{ kg/año}$.
- Almidón seco (AS): 620 kg/h , por tanto:

$$AS = 620 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{1\,288 \text{ h}}{\text{año}} = 798\,560 \text{ kg/año}$$

No es posible con los datos con los que se cuenta actualmente realizar el cálculo de la cantidad de almidón que se emite a la atmósfera, ya que influyen otros factores que no son solamente la cantidad de almidón húmedo que entra al secador y la cantidad que sale de este.

Balance de masa Empaque

A esta operación no es posible realizarle el balance como se hizo antes, esto se debe básicamente a que esta operación se encarga solamente del empaque del almidón 20 kg , no de todo el que se produzca. Este almidón seco se almacena a granel en un silo con capacidad de 43 m^3 , del cual se empaican en un turno de trabajo 14 pallets de 800 kg , por lo tanto:

- Almidón empacado (AE): $\frac{14 \text{ pallet}}{\text{turno}} \times \frac{3 \text{ turnos}}{24 \text{ h}} \times \frac{800 \text{ kg}}{\text{pallet}} \times \frac{1\,288 \text{ h}}{\text{año}} = 1\,803\,200 \text{ kg/año}$

Esta cantidad representa la capacidad de trabajo que existe en esta operación, pero la producción no se lleva a cabo de forma constante en el año, por lo que no se puede concluir que esta fue la cantidad de almidón de empaquetada. Además, de esta operación se obtiene otra salida, la cual es considerada como un residuo llamado barredura. La misma está formada por el almidón derramado en el área, así como todo lo que se obtenga luego de una limpieza



del silo, el secador de almidón y otros equipos; por lo que esta barredura puede variar mensualmente. Esta es recogida, almacenada en el almacén de productos terminados y posteriormente vendida como alimento animal. En el año 2012 se recogieron 1 837,3 kg de barredura, según los datos de dicho almacén.

Anexo 84: Balance de masa de las operaciones de la planta de obtención del agua sulfurosa.

Fuente: Elaboración propia a partir de Chou Rodríguez (2012).

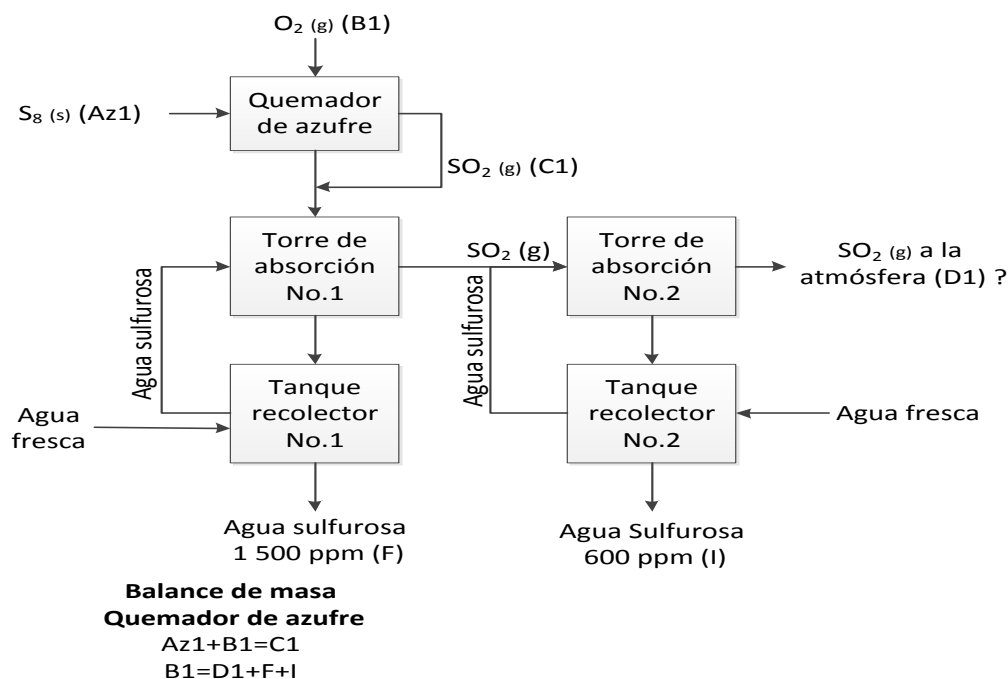


Figura 1: Balance de masa del quemador de azufre.

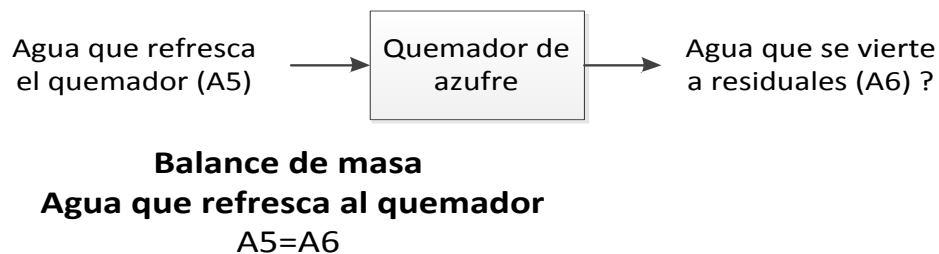


Figura 2: Balance de masa del agua que refresca al quemador de azufre.

Balance de masa del quemador de azufre

Datos

- Total de horas trabajadas 1 288 h.
- Maíz macerado para producir almidón (H)
- Agua sulfurosa 1 500ppm (F): $1.8\text{ m}^3/\text{h}$ con una densidad de $1\,200\text{ kg/m}^3$ y concentración de SO_2 de $1\,560\text{ mg SO}_2/\text{m}^3\text{ H}_2\text{SO}_3$, por tanto:

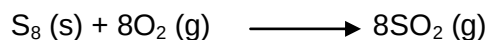
$$F = \frac{1.8\text{ m}^3\text{H}_2\text{SO}_3}{h} \times \frac{1\,288h}{\text{año}} \times \frac{0.00156\text{ kg SO}_2}{\text{m}^3\text{H}_2\text{SO}_3} = 3.7\text{ kg SO}_2/\text{año}$$

- Agua sulfurosa 600ppm (I): $1.8\text{ m}^3/\text{h}$ con una densidad de 600 kg/m^3 y concentración de SO_2 de $550.67\text{ mg SO}_2/\text{m}^3\text{ H}_2\text{SO}_3$, por tanto:

$$I = \frac{1.8\text{ m}^3\text{H}_2\text{SO}_3}{h} \times \frac{1\,288h}{\text{año}} \times \frac{0.000554\text{ kg SO}_2}{\text{m}^3\text{H}_2\text{SO}_3} = 1.3\text{ kg SO}_2/\text{año}$$

- SO_2 (g) liberado por la torre 2 a la atmósfera (D1):

El azufre se quema mediante una reacción de oxidación para formar SO_2 (g) que una parte se disuelve en el agua y otra parte se libera a la atmósfera. Para la obtención del SO_2 (g) se produce la reacción la reacción de combustión del azufre:



Donde:

Masa atómica de $\text{S}_8 = 32\text{ kg S}_8$

Masa atómica de $\text{O}_2 = 16\text{ kg O}_2$

Por estequiometría se tiene la relación que expresa la cantidad de oxígeno (kg) por cada (kg) de azufre que hay en el ácido sulfuroso; lo que queda de la siguiente forma:

$$X = \frac{64\text{ kg O}_2}{32\text{ kg S}_8} = 2\text{ kg O}_2/\text{kg S}_8$$

Si entra un exceso de O_2 (g) y reaccionan 4 kg de azufre/1000kg de maíz limpio, entonces:

$$C1 = \frac{4\text{ kg S}_8}{1\,000\text{ kg maíz limpio}} \times \frac{2\text{ kg O}_2}{\text{kg S}_8} = 8\text{ kg SO}_2(\text{g})/1\,000\text{ kg maíz limpio}$$

Para determinar el contenido de SO_2 que se libera a la atmósfera (D1), se tiene:

Balance

$$A4+B1=C1$$

$$B1 = D1+F+I$$

$$B1 = \frac{8\text{ kg SO}_2(\text{g})}{1\,000\text{ kg maíz limpio}} \times \frac{3\,261\,816.3\text{ kg maíz limpio}}{\text{año}}$$



$$D1 = B1 - (F + I) \quad B1 = 26\,094.5304 \text{ kg } SO_2(g)/\text{año}$$

$$D1 = 26\,094.5304 - 3.7 - 1.3 = 26\,089.5 \text{ kg } SO_2(g)/\text{año}$$

Cálculo para determinar la cantidad de $SO_2(g)$ liberado por la torre 2 a la atmósfera, en el año 2011 (según los cálculos realizados por Chou Rodríguez, (2012) para todo el maíz macerado), teniendo en cuenta solamente la producción de almidón de 1 047,71 y un consumo de maíz macerado de 3 210 446 kg.

$$Az1 + B1 = C1 \quad B1 = \frac{8 \text{ kg } SO_2(g)}{1\,000 \text{ kg maíz limpio}} \times \frac{3\,210\,446 \text{ kg maíz limpio}}{\text{año}}$$

$$B1 = D1 + F + I$$

$$D1 = B1 - (F + I) \quad B1 = 25\,683,568 \text{ kg } SO_2(g)/\text{año}$$

$$D1 = 25\,683,568 - 3.7 - 1.3 = 25\,678.568 \text{ kg } SO_2(g)/\text{año}$$

Además, el suministro de azufre al quemador se realiza manualmente por el operario que labora en la planta, de este una parte se derrama al suelo. En cada turno de trabajo se añaden al quemador 25 palas de azufre y en mediciones realizadas por los técnicos de la empresa 1 pala pesa 1,5 kg de azufre. Esta pérdida de azufre puede aproximarse a un 0.2%.

Datos

 Derrame de azufre (Daz):

$$Daz = 0.053 \times \frac{25 \text{ palas}}{\text{turno}} \times \frac{1.5 \text{ kg azufre}}{\text{pala}} \times \frac{3 \text{ turnos}}{24 \text{ h}} \times \frac{1\,288 \text{ h}}{\text{año}} = 120.75 \text{ kg azufre/año}$$

Balance de masa del agua que cae en cascada para refrescar el quemador

Datos

- Agua para refrescar el quemador (A5): en 40seg se derraman 2 litros de agua, por tanto:

$$A5 = \frac{2 \text{ litros } H_2O}{40 \text{ seg}} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{1\,288 \text{ h}}{\text{año}} \times \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 \text{ litro}} = 231,84 \text{ m}^3 H_2O/\text{año}$$

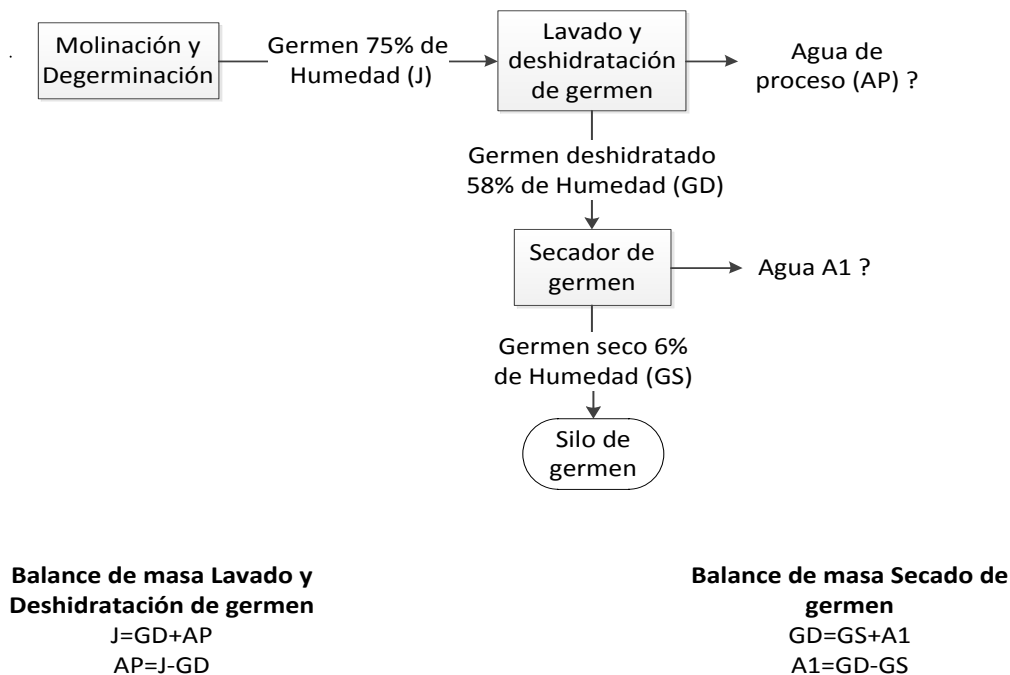
- Agua que se vierte a residuales (A2):

Balance

$$A4 = A6 = 40\,435.2 \text{ m}^3 H_2O/\text{año}$$



Anexo 85: Balance de masa de las operaciones Lavado, Deshidratación y Secado de germen en la planta de almidón. **Fuente:** Elaboración propia a partir de García Yanes (2012).



Balance de masa Lavado y Deshidratación de germen

Datos

- Germen 75 % de Humedad (J): 602 680.96kg/año
- Germen deshidratado 58% de Humedad (GD): 426,67 kg/h pesado a la salida de las lavadoras, por tanto:

$$GD = \frac{426.67 \text{ kg}}{h} \times \frac{1\,288h}{\text{año}} = 549\,550.96 \text{ kg/año}$$

- Agua de proceso (AP):

Balance

$$J = GD + AP \quad AP = (602\,680.96 - 549\,550.96) \text{ kg/año}$$

$$AP = J - GD \quad AP = 53\,130 \text{ kg/año}$$

Balance de masa Secado de germen

Datos

- Germen deshidratado 58% de Humedad (GD): 549 550.96 kg/año



- Germen seco 6% de Humedad (GS): 172 500 kg/año, según el Balance de Producción, 2012
- Agua (A1):

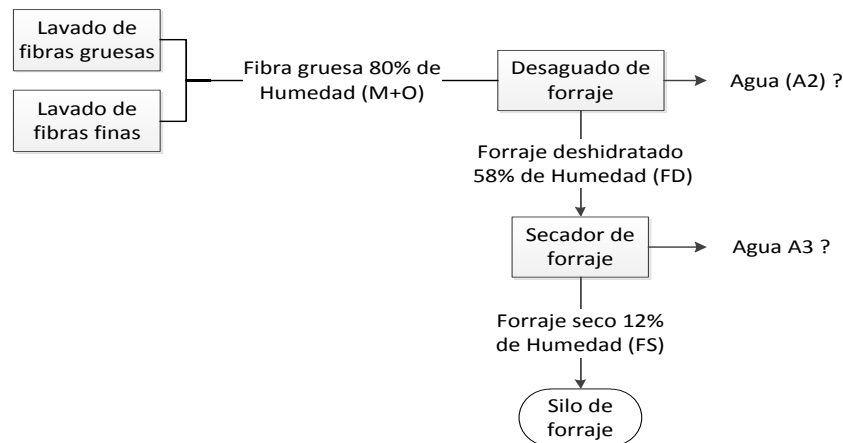
Balance

$$GD = GS + A1 \quad A1 = (549\,550.96 - 172\,500) \text{ kg/año}$$

$$A1 = GD - GS \quad A1 = 377\,050.96 \text{ kg/año}$$



Anexo 86: Balance de masa de las operaciones Desaguado y Secado de forraje en la planta de almidón. **Fuente:** Elaboración propia a partir de García Yanes (2012).



Balance de masa Desaguado de forraje
 $(M+O)=FD+A2$
 $A2=(M+O)-FD$

Balance de masa Secado de forraje
 $FD=FS+A3$
 $A3=FD-FS$

Balance de masa Desaguado de forraje

Datos

- Fibra gruesa 85 % de Humedad (M+O): peso de la fibra fina más la fibra gruesa, por tanto:

$$M+O = (648 + 3060) \text{ kg/h}$$

$$M+O = 3708 \text{ kg/año}$$

- Forraje deshidratado 58% de Humedad (FD): 2688.3 kg/h, pesado a la salida de la prensa, por tanto:

$$FD = \frac{2688.3 \text{ kg}}{h} \times \frac{1288 \text{ h}}{\text{año}} = 3462530.4 \text{ kg/año}$$

- Agua (A2): ¿?

Balance

$$M+O=FD+A2 \quad A2 = (3462530.4 - 3708) \text{ kg/año}$$

$$A2=M+O-FD \quad A2 = 3458822.4 \text{ kg/año}$$

Balance de masa Secado de Forraje

Datos

- Forraje deshidratado (FD): 3462530.4 kg/año



- Forraje seco (GS): 406 190 kg/año, según el Balance de Producción, 2012
- Agua (A3):

Balance

$$FD=FS+A3 \quad A3 = (3\,462\,530.4 - 406\,190) \text{ kg/año}$$

$$A3=FD-FS \quad A3 = 3\,052\,632.4 \text{ kg/año}$$



Anexo 87: Norma NEIAL 2306:01 2000 para el almidón de Maíz. **Fuente:** UEB Glucosa Cienfuegos.

UEB GLUCOSA CIENFUEGOS	INDUSTRIA CONFITERA Almidón de Maíz. ESPECIFICACIONES	NEIAL 2306: 01. 2000
Esta norma establece las especificaciones de calidad del Almidón de Maíz utilizado en la Industria Alimenticia. 1. <u>Generalidades.</u> El Almidón de Maíz es un polisacárido que se extrae mediante un proceso de molienda húmeda del maíz. A temperaturas por encima de 60 °C ocurre su gelatinización. Su solubilidad es 24% y su concentración crítica 4.4 g/100 ml de agua destilada. 2. <u>Especificaciones del proceso tecnológico.</u> 2.1 <u>Materias primas.</u> Maíz en grano, sano, saludable y libre de contaminaciones biológicas, apto para el consumo humano. Se obtiene a partir de diversas variedades de maíz siendo idóneas las consideradas especies almidoneras. 2.2 <u>Proceso tecnológico.</u> El maíz una vez limpio es sometido a un proceso de maceración con agua sulfurosa (1500 a 2000 mg/kg de anhídrido sulfuroso) a temperatura según variedad del grano: Maíz yellow a una temperatura de 49 a 53 °C durante 40 a 60 h de maceración Maíz plata a una temperatura de 51 a 55 °C durante 60 a 70 h de maceración. Posteriormente es sometido a un proceso de molienda húmeda y diferentes etapas de separación y lavado de los componentes gruesos del flujo como germen y cáscaras quedando una suspensión de almidón y gluten que se separa por centrifugación. La suspensión de almidón se refina, concentra, deshidrata y seca hasta obtener el producto desecado. 3. <u>Especificaciones</u> 3.1 <u>Especificaciones organolépticas.</u> Aspecto: Polvo fino de color blanco, amarillento y libre de materias extrañas. Olor: Característico, libre de olores extraños. 3.2 <u>Especificaciones Físico – Químicas.</u> Humedad en % máx. (B.S) _____ 9.0 -13.00. Cenizas en % máx. (B.S) _____ 0.30		



Proteínas en % máx. (B.S) _____ 1.00 (Solo para huso en mezcla seca.).
Proteínas en % máx. (B.S) _____ 0.80 (Niños enfermos.) y comercialización.
Grasas en % máx. (B.S) _____ 0.50
Dióxido de azufre mg/kg máx. _____ 70.00
pH _____ 5.0-7.0

4. Reglas de Higiene.

El producto se elaborará de acuerdo a lo establecido en:

NC 143. SNSA Higiene de los alimentos. Requisitos sanitarios generales.

NC 143. SNSA Manipulación de Alimentos. Requisitos sanitarios generales.

5. Condiciones de entrega.

El producto se entregará amparado por el certificado de concordancia correspondiente.

6. Envase y Etiquetado.

6.1 Envase: El producto será envasado en sacos de papel multicapas, polietileno u otro tipo de envase que garantice la conservación del producto manteniendo sus condiciones nutricionales.

6.2 Etiquetado: Los envases o etiquetas llevarán la información siguiente:

- Nombre del producto.
- Marca Comercial.
- Nombre y dirección de la Empresa productora.
- Fecha de producción o envase.
- Contenido total.
- Garantía.
- Uso (Industrial o alimenticio)

7. Método de inspección.

La inspección final del producto se hará de acuerdo a:

NC 92-04 Control de la Calidad. Inspección por atributos y por conteo de defectos. Planes de muestreo de aceptación.

8. Métodos de ensayo.

Para la evaluación del producto se empleará: NRIAL 101 Productos de Confitería. Almidón de maíz. Método de ensayos.

9. Transportación, manipulación, almacenamiento y conservación.

9.1 Transportación y manipulación. El producto se transportará en vehículos limpios, libres de olores extraños y protegidos de las inclemencias del tiempo. Además se cumplirá lo establecido en:

NC 143 SNSA Transportación de alimentos. Requisitos sanitarios generales.



NC 143 Manipulación de Alimentos. Requisitos Sanitarios.

9.2 Almacenamiento y conservación. El almacenamiento se realizará en locales limpios, libre de olores extraños, secos y ventilados. Las estibas se situaran sobre paletas con separación del piso entre 15 y 20 cm y de paredes y entre bloques de 60 cm. Además se cumplirá lo establecido en:

NC 143 SNSA Almacenamiento de Alimentos. Requisitos sanitarios generales.

10. Garantía del producto.

El productor garantizará la correspondencia del producto con las especificaciones de calidad de la norma por el período de 1 año siempre que se cumpla con lo establecido en 9.

Referencias.

NC 143. SNSA Higiene de los alimentos. Requisitos sanitarios.

NC 143 SNSA Manipulación de los alimentos. Requisitos sanitarios.

NC 143 SNSA Transportación de alimentos. Requisitos sanitarios generales.

NC 143 SNSA Almacenamiento de alimentos. Requisitos sanitarios generales.

NC 2859-0-3 Control de la Calidad. Inspección por atributos y por conteo de defectos. Planes de muestreo y aceptación.

NRIAL 101 Productos de confitería. Almidón de Maíz. Método de ensayos.

Documentos consultados.

Codex Alimentarius Alimorm 95/29.

Codex Alimentarius Codex Stan 9-1981.

UEB Glucosa Cienfuegos

Zona Industrial No.2 Pueblo Griffo

Cienfuegos

APROBADA: 18-11-2011.

ESTA NORMA ES OBLIGATORIA

VIGENTE: 22-11-2011.



Anexo 88: Valores de Proteína (%) y SO₂ (ppm) en el almidón. **Fuente:** Laboratorio de la UEB Glucosa Cienfuegos.

Proteína (%)				SO ₂ (ppm)				
0,63	0,65	0,62	0,52	22,5	40	40	18,88	44,8
0,71	0,65	0,62	0,69	25,56	52	48,05	28,78	46,86
0,6	0,71	0,61	0,58	22	40	48	31,96	47,79
0,6	0,67	0,6	0,53	24	42,67	48	63,99	47,59
0,66	0,52	0,57	0,72	30	46	48	47,95	52,72
0,59	0,52	0,59	0,59	30	44	30	38,4	55,66
0,62	0,58	0,64	0,58	28	46	32	15,99	46,86
0,96	0,62	0,6	0,59	40	44	34	38,99	47,59
0,67	0,63	0,61	0,59	40	46	26,4	38,36	52,72
0,69	0,59	0,63	0,53	40	36,85	38,39	41,99	44,8
0,54	0,54	0,54	0,54	32,5	44	41,6	44,95	



Anexo 89: Pruebas de Bondad de Ajuste para los valores de Proteína (%) y concentración de SO_2 (ppm) en el almidón. **Fuente:** Elaboración propia.

Ajuste de Datos No Censurados para valores de Proteína (%)

46 valores con rango desde 0,52 a 0,96

Tabla 1: Distribuciones Ajustadas. **Fuente:** Elaboración propia.

Normal
media = 0,618913
desviación estándar = 0,0728538

Este análisis (ver **Gráfico 1** y **Tabla 2**) muestra los resultados de ajustar una distribución normal a los datos de Proteína (%). Los parámetros estimados para la distribución ajustada se muestran en la **Tabla 1**. Se puede evaluar si la distribución normal ajusta los datos adecuadamente realizando las Pruebas de Bondad de Ajuste y el histograma de frecuencias.

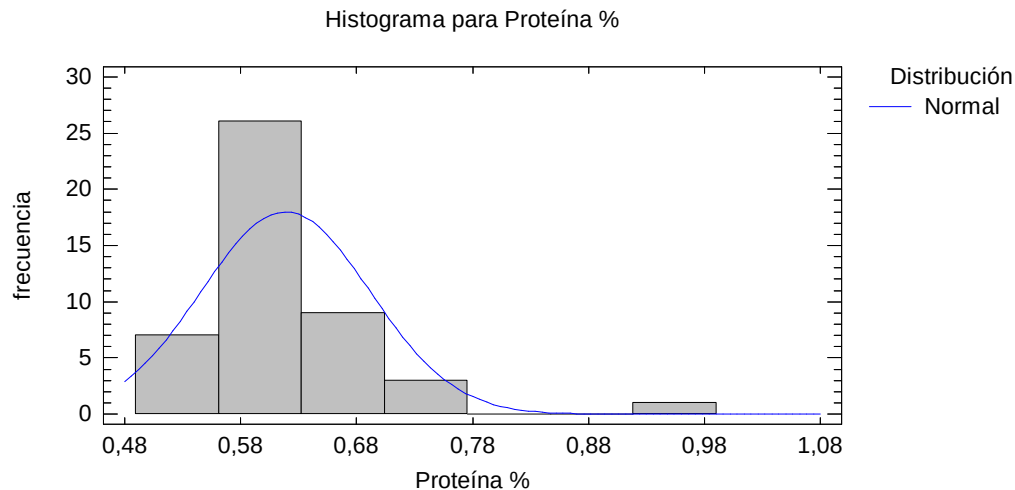


Gráfico 1: Histograma de frecuencia para los valores de Proteína (%) en el almidón. **Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 2: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de Proteína (%) en el almidón.

	Normal
DMAS	0,156911
DMENOS	0,122713
DN	0,156911
Valor-P	0,207748

Debido a que el valor-P más pequeño de esta prueba es mayor que 0,05, los valores de Proteína (%) en el almidón provienen de una distribución normal con 95% de confianza.



Ajuste de Datos No Censurados para valores de SO₂ (ppm)

54 valores con rango desde 15,99 a 63,99

Tabla 3: Distribuciones Ajustadas. **Fuente:** Elaboración propia.

Normal
media = 39,7657
desviación estándar = 9,92465

Este análisis (ver **Gráfico 2** y **Tabla 3**) muestra los resultados de ajustar una distribución normal a los datos de SO₂ (ppm). Los parámetros estimados para la distribución ajustada se muestran en la **Tabla 3**. Se puede evaluar si la distribución normal ajusta los datos adecuadamente realizando las Pruebas de Bondad de Ajuste y el histograma de frecuencias.

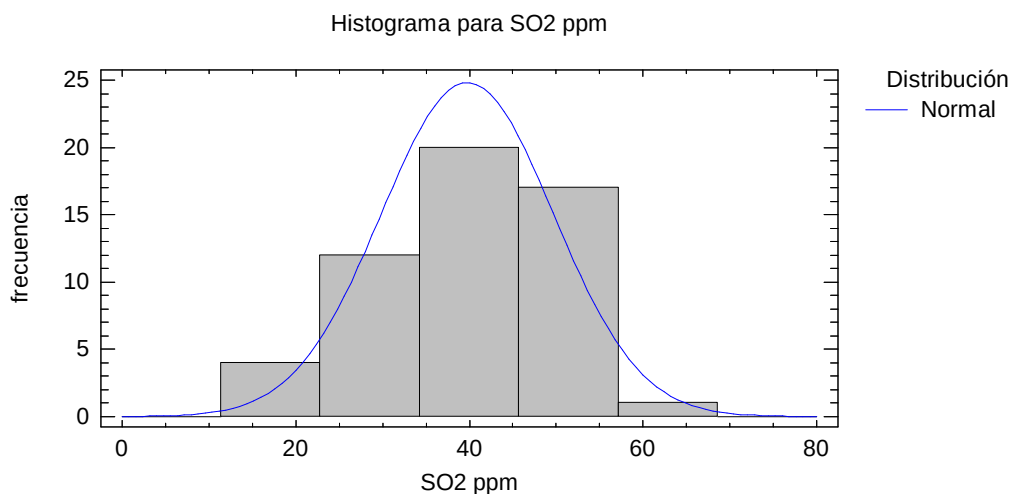


Gráfico 2: Histograma de frecuencia para los valores de SO₂ (ppm) en el almidón. **Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 3: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de SO₂ (ppm) en el almidón. **Fuente:** Elaboración propia.

	Normal
DMAS	0,109345
DMENOS	0,128864
DN	0,128864
Valor-P	0,333537

Debido a que el valor-P más pequeño de esta prueba es mayor que 0,05, los valores de SO₂ (ppm) en el almidón provienen de una distribución normal con 95% de confianza.



Anexo 90: Gráfico de control para individuos de los valores de Proteína (%). **Fuente:** Elaboración propia.

Número de observaciones = 46

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

Tabla 1: Gráfico X.

Período	#1-46
LSC: +3,0 sigma	0,781443
Línea Central	0,618913
LIC: -3,0 sigma	0,456383

1 fuera de límites

Tabla 2: Estimados.

Período	#1-46
Media de proceso	0,618913
Sigma de proceso	0,0541765

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 0,618913 y una desviación estándar igual a 0,0541765. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos. De los 46 puntos mostrados en el gráfico uno 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 0,00124121 si los datos provienen de la distribución supuesta, se puede declarar que **el proceso está fuera de control** con un nivel de confianza del 95%.

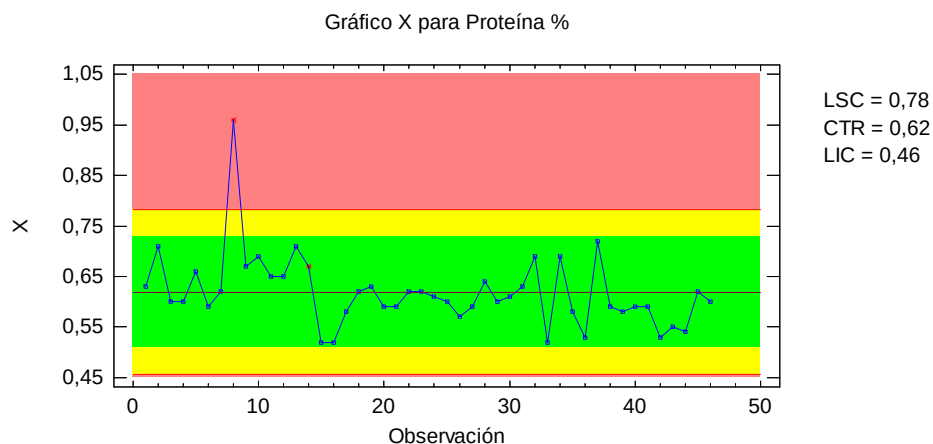


Figura 1: Gráfico de control del porcentaje de de proteína.

La **Tabla 3** muestra los valores que están en el gráfico de control. Los puntos fuera de límites se denotan por un asterisco (*). Los puntos excluidos se denotan por una X.

**Tabla 3:** Todas las Observaciones.

Observación	X	Observación	X	Observación	X
1	0,63	17	0,58	33	0,52
2	0,71	18	0,62	34	0,69
3	0,6	19	0,63	35	0,58
4	0,6	20	0,59	36	0,53
5	0,66	21	0,59	37	0,72
6	0,59	22	0,62	38	0,59
7	0,62	23	0,62	39	0,58
8	* 0,96	24	0,61	40	0,59
9	0,67	25	0,6	41	0,59
10	0,69	26	0,57	42	0,53
11	0,65	27	0,59	43	0,55
12	0,65	28	0,64	44	0,54
13	0,71	29	0,6	45	0,62
14	0,67	30	0,61	46	0,6
15	0,52	31	0,63		
16	0,52	32	0,69		

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 sigmas.

La **Tabla 4** busca e identifica cualquier patrón inusual en los datos. 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, 16 secuencias inusuales se han detectado. La tabla muestra además, el subgrupo u observación en la cual se detectó el patrón inusual, así como la regla particular que se ha violado.

Tabla 4: Violaciones.

Observación	Individuos	Observación	Individuos	Observación	Individuos
9		26		31	
14	A	27		32	
23		28		34	
24		29		37	
25		30		38	

**Tabla 5:** Índices de Capacidad.

Especificaciones: LSE = 0,8

	Capacidad
	Corto Plazo
Sigma	0,0541765
Cpk/Ppk	1,11418
Cpk/Ppk (superior)	1,11418

Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

Cpk es un índice de capacidad unilateral, el cual, en el caso de una distribución normal, 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 1,11418, por tanto si $1 < Cpk < 1.33$ el proceso tiene una capacidad parcialmente adecuada, produciendo 0,0415138% de productos fuera de especificación.



Anexo 91: Gráfico de control para individuos de los valores de SO_2 (ppm). **Fuente:** Elaboración propia.

Número de observaciones = 54

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

Tabla 1: Gráfico X.

Período	#1-46
LSC: +3,0 sigma	56,1718
Línea Central	39,7657
LIC: -3,0 sigma	23,3597

5 fuera de límites

Tabla 2: Estimados.

Período	#1-46
Media de proceso	39,7657
Sigma de proceso	5,46869

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 39,7657 y una desviación estándar igual a 5,46869. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos. De los 54 puntos mostrados en el gráfico cinco se encuentra fuera de los límites de control. Puesto que la probabilidad de que aparezcan cinco o más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 0,0 si los datos provienen de la distribución supuesta, se puede declarar que **el proceso está fuera de control** con un nivel de confianza del 95%.

Gráfico X para SO_2 ppm

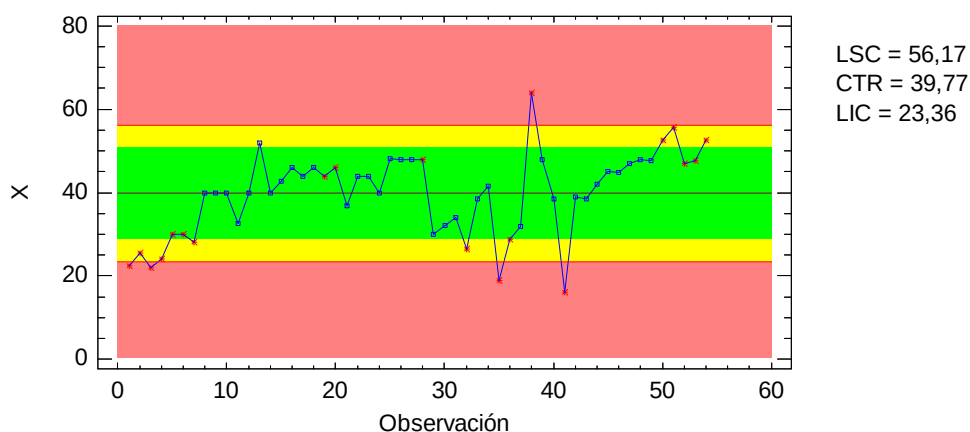


Figura 1: Gráfico de control de concentración de SO_2 .

La **Tabla 3** muestra los valores que están en el gráfico de control. Los puntos fuera de límites se denotan por un asterisco (*). Los puntos excluidos se denotan por una X.

**Tabla 3:** Todas las Observaciones. **Fuente:** Elaboración propia.

Observación	X	Observación	X	Observación	X	Observación	X
1	* 22,5	17	44,0	33	38,39	49	47,59
2	25,56	18	46,0	34	41,6	50	52,72
3	* 22,0	19	44,0	35	* 18,88	51	55,66
4	24,0	20	46,0	36	28,78	52	46,86
5	30,0	21	36,85	37	31,96	53	47,59
6	30,0	22	44,0	38	* 63,99	54	52,72
7	28,0	23	44,0	39	47,95		
8	40,0	24	40,0	40	38,4		
9	40,0	25	48,05	41	* 15,99		
10	40,0	26	48,0	42	38,99		
11	32,5	27	48,0	43	38,36		
12	40,0	28	48,0	44	41,99		
13	52,0	29	30,0	45	44,95		
14	40,0	30	32,0	46	44,8		
15	42,67	31	34,0	47	46,86		
16	46,0	32	26,4	48	47,79		

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 sigmas.

La **Tabla 4** busca e identifica cualquier patrón inusual en los datos. 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, 28 secuencias inusuales se han detectado. La tabla muestra además, el subgrupo u observación en la cual se detectó el patrón inusual, así como la regla particular que se ha violado.

Tabla 4: Violaciones.

Observación	Individuos	Observación	Individuos	Observación	Individuos	Observación	Individuos
2	D	6	C	32	C	50	C
3	D	7	C	36	D	51	ACD
4	CD	19	A	39		52	AC
5	C	20	A	41		53	AC
		28	C	42		54	AC

**Tabla 5:** Índices de Capacidad.

Especificaciones: LSE = 70,0

	<i>Capacidad</i>
	<i>Corto Plazo</i>
Sigma	5,46869
Cpk/Ppk	1,84287
Cpk/Ppk (superior)	1,84287

Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

Cpk es un índice de capacidad unilateral, el cual, en el caso de una distribución normal, 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 1,84287, por tanto si $Cpk > 1,33$ el proceso es capaz, produciendo 0,00000161793% de productos fuera de especificación.



Anexo 92: Análisis de Modos y Efectos de Fallos para la inestabilidad en el proceso de producción de almidón. **Fuente:** Elaboración propia.

Modo de falla potencial	Efecto(s) de la falla potencial	S	Causa/ Mecanismo de la falla potencial	O	Controles actuales del proceso para detección	D	NPR
Inexistencia o poco presupuesto destinado a la reparación general o mantenimiento adecuado	Fallos recurrentes en los equipos. Averías imprevistas. Interrupciones en la producción.	10	Deficiencias tecnológicas	10	Inspección visual	10	1000
			Carencia de nuevas tecnologías		No se realiza		1000
	No se obtiene la calidad requerida del producto.	8	Equipos fuera de servicio	7	Se plantea en los consejos y se planifican reparaciones	10	640
Escasa disponibilidad de materias primas, altos precios de la misma	Inexistencia de varios proveedores para seleccionar la mejor materia prima. No se puede controlar en la empresa la calidad del grano recepcionado.	9	Deficiente calidad del maíz	6	Inspección visual	7	378
			Variabilidad en el tipo de maíz	9		7	567
No se dispone de los medios necesarios	Se desconoce las características del grano cuando entra en proceso. Los resultados del análisis llegan a la empresa con retraso	6	Análisis de los parámetros de calidad del grano posterior a la producción	10	Se realizan los análisis en el Instituto de Investigación para la Industria Alimenticia en La Habana	5	300
No se capacita regularmente a los trabajadores	Desconocen nuevas y mejores formas de ejecutar las acciones en el proceso	2	Falta de capacitación	3	No se realiza	9	54
No se supervisa sistemáticamente en el área de producción la ejecución del trabajo	Ocurrencia de malas prácticas operativas	4	Falta de supervisión	3	Recorridos por la planta	7	84



Anexo 93: Resultados del procesamiento de la lista de chequeo 1: Materias primas, auxiliares y materiales para la producción. **Fuente:** Elaboración propia.

¿Documenta Ud. 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	12	33,3	33,3	33,3
	No	24	66,7	66,7	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
¿Almacena Ud. 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	25	69,4	69,4	69,4
	No	11	30,6	30,6	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
¿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	27	75,0	75,0	75,0
	No	9	25,0	25,0	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
¿Están almacenados en zonas diferentes las materias primas y los productos elaborados?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	28	77,8	77,8	77,8
	No	8	22,2	22,2	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
¿Realiza Ud. regularmente un control óptico de todas las tuberías, canales y equipos para detectar pérdidas?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	23	63,9	63,9	63,9
	No	13	36,1	36,1	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
¿Realiza la empresa mantenimiento preventivo a las máquinas y herramientas?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	2	5,6	5,6	5,6
	No	34	94,4	94,4	100,0
	Total	36	100,0	100,0	

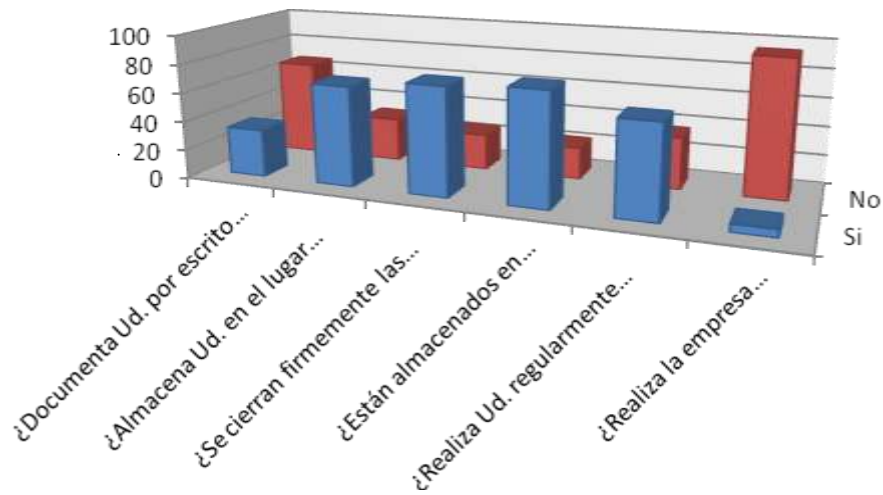


Gráfico 1: Resultados del procesamiento de la lista de chequeo.



Anexo 94: Cálculo de la Huella Ecológica Corporativa del proceso de producción de almidón.

Fuente: Elaboración propia a partir del *software* para el Cálculo de la Huella Ecológica desarrollado por López Yanes (2012).

La Huella Ecológica Corporativa de la producción de almidón es representativa de la sumatoria de las sub-huellas que se calculan seguidamente. En el caso de la su-huella Energía se toman los portadores energéticos que intervienen en la producción de almidón siendo estos la electricidad y el fuel oil, el resultado se muestra en la **Tabla 1** donde se puede apreciar que la mayor representación la tiene el uso del fuel oil. Para la sub-huella Insumos (entradas no energéticas) se consideran las materia primas que intervienen en la producción analizada determinándose los consumos a partir del balance de materias primas, esta sub-huella incluye también el uso de la tierra considerando la extensión de la empresa en hectáreas los resultados de esta sub-huella se muestran en la **Tabla 2** resultando que la mayor representación (95,65%) la tiene el insumo maíz. Otra sub-huella que se ha considerado es la Superficie Construida la que representa el área constructiva dentro del área de la empresa, donde se incluye el área productiva, la infraestructura logística, administrativa, los viales y otras, los resultados se muestran en la **Tabla 3**. Otro aspecto a considerar son los Gastos Indirectos los cuales tienen en cuenta la energía e insumos correspondientes a los servicios de mantenimiento, servicios de oficina y mensajería y teléfono, los resultados se presentan en la **Tabla 4**.

Tabla 1: Cálculo de la sub-huella Energía. **Fuente:** Elaboración propia a partir del *software* para el Cálculo de la Huella Ecológica desarrollado por López Yanes (2012).

Variable de estudio	Cantidad de combustible equivalente (kg)	Cantidad de Giga Joule(GJ) que representa	Sub-huella	% que representa
Electricidad	63 825,1	2 672,23	0,0203831	13,8788
Fuel-Oil	396 048	16 581,7	0,126482	86,1215
Total sub-huella	-	-	0,146865	-

Tabla 2: Cálculo de la sub-huella Insumos. **Fuente:** Elaboración propia a partir del *software* para el Cálculo de la Huella Ecológica desarrollado por López Yanes (2012).

Variable de estudio	Intensidad energética	Sub-huella	% que representa
Azufre	4,23	0,0106447	0,0357488
Maíz	2 490	28,482	95,652
Sacos valvulados	56	1,28112	4,30247
Tierra	-	0,00265899	0,00982985
Total sub-huella	-	29,7764	-



Tabla 4: Cálculo de la sub-huella Superficie Construida. **Fuente:** Elaboración propia a partir del *software* para el Cálculo de la Huella Ecológica desarrollado por López Yanes (2012).

Variable de estudio	Cantidad utilizada (ha)	Sub-huella del tipo de superficie	% que representa
Área productiva	0,629	0,000479657	16,3845
Infraestructura Logística y Administrativa	0,33	0,000251648	8,59598
Viales	0,43	0,000327905	11,2008
Otras estructuras	2,45	0,0018683	63,8188
Total sub-huella	-	0,00292751	

Tabla 5: Cálculo de la sub-huella Gastos Indirectos. **Fuente:** Elaboración propia a partir del *software* para el Cálculo de la Huella Ecológica desarrollado por López Yanes (2012).

Variable de estudio	Sub-huella
Gastos Indirectos	2,97796

Tabla 6: Resumen de la Huella Ecológica Corporativa de la producción de almidón. **Fuente:** Elaboración propia.

Sub-huella	Calculada (ha/t _{almidón})	Huella Total (ha/t _{almidón})	% equivalente de la Huella Total
Energía	0,146865	32,90415251	0,446341841
Insumos	29,7764		90,49435323
Superficie Construida	0,00292751		0,008897084
Gastos Indirectos	2,97796		9,050407845



Anexo 95: Cálculo de la Huella Hídrica del proceso de producción de almidón. **Fuente:** Elaboración propia a partir de lo expuesto por Hoekstra et al. (2010) y la “Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante” proporcionada por la Unidad de Gestión del CITMA.

$$\text{Huella Hídrica (m}^3/\text{t}_{\text{producción}}) = \sum(\text{Aguas verdes} + \text{Aguas azules} + \text{Aguas Grises})$$

En el caso de la empresa no se tiene aguas verdes, ya que no se consume agua de lluvia durante la producción. Donde las expresiones para calcular los distintos tipos de agua son:

$$\text{Aguas azules (m}^3/\text{t}_{\text{almidón}}) = [\sum(A_{Pi})/P_{Bx}]$$

$$\text{Aguas azules (m}^3/\text{t}_{\text{almidón}}) = \frac{108\,845.1\text{ m}^3}{1\,311.355\text{ t}} = 83.00\text{ m}^3/\text{t}_{\text{almidón}}$$

Donde:

$\sum A_{Pi}$: Sumatoria de cada uno de los volúmenes de aguas usadas (no contaminadas) por el proceso y que no son devueltas.

P_{Bx} : Producción bruta total para el año definido en los límites temporales de la investigación (1311,355 t de almidón).

$$\text{Aguas grises (m}^3/\text{año)} = \frac{L}{C_{\max} - C_{\text{nat}}} = \frac{17\,572 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{año}}}{0.029 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{m}^3} - 0} = 605\,931\text{ m}^3\text{H}_2\text{O/año}$$

$$\text{Aguas grises (m}^3/\text{t}_{\text{almidón}}) = \frac{605\,931 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}}{\frac{1311.355}{\text{año}}} = 462.065\text{ m}^3\text{H}_2\text{O/t}_{\text{almidón}}$$

Donde:

L : Carga contaminante total generada en las diferentes actividades de la producción (masa/tiempo).

Para determinar el valor L se tiene en cuenta lo expuesto “Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante” proporcionada por la Unidad de Gestión del CITMA, la cual expresa que por la producción de 1 t de almidón se generan 13,4 kg de DBO_5 . Por tanto si



en el 2012 se produjeron 1311,355 t de almidón se generaron aproximadamente 17 572 kg de DBO_5 .

El Arroyo Inglés como cuerpo receptor directo de los residuales de la UEB Glucosa, a los efectos de la NC 27: 2012, recibe una clasificación cualitativa, según su uso, de Clase A, siendo esta la que comprende a los ríos, embalses y zonas hidrogeológicas que se utilizan para la captación de aguas destinadas al abasto público y uso industrial en la elaboración de alimentos.

C_{max} : Concentración máxima aceptable de este contaminante (masa/volumen) según la NC 27: 2012 el Límite Máximo Permisible Promedio para $\text{DBO}_5 < 30 \text{ mg/L}$, por tanto se toma como $C_{max} = 29 \text{ mg/L}$, o lo que es lo mismo realizando conversiones $0,029 \text{ kg/m}^3$.

C_{nat} : Concentración natural en el agua del cuerpo receptor (masa/volumen) debido a que no se conocen con precisión pero se estiman ser bajas, por simplicidad se supone $C_{nat} = 0$, según lo expuesto en el Manual.

$$\text{Huella Hídrica} = \sum(83.00 + 462.065) = 545.065 \text{ m}^3 \text{H}_2\text{O} / t_{\text{almidón}}$$



Anexo 96: Formularios de los residuos de la planta de almidón. **Fuente:** Elaboración propia.

Nombre Formulario: Caracterización de residuos sólidos

Identificador Formulario: RS-1

Nombre del Residuo	Maíz derramado
Etapas en que se genera	Recepción y Limpieza
Componentes contaminantes	-
Tiempo de Almacenamiento	-
Condiciones de almacenamiento Se almacena en un silo cerrado que preserva el grano	☒ Separado ☐ Mezclado
Destino Actual	Producción de mezcla proteica
Tratamiento actual	Producción de mezcla proteica
Cantidad Generada	253688,316 kg/año

Nombre del Residuo	Granos partidos
Etapas en que se genera	Limpieza
Componentes contaminantes	-
Tiempo de Almacenamiento	-
Condiciones de almacenamiento Se almacena en un silo cerrado que preserva el grano	☒ Separado ☐ Mezclado
Destino Actual	Producción de mezcla proteica
Tratamiento actual	Producción de mezcla proteica
Cantidad Generada	16634,724 kg/año

Nombre del Residuo	Azufre sólido derramado
Etapas en que se genera	Quemado de azufre
Componentes contaminantes	En contacto con el agua genera una composición caliza, produce desprendimiento de sulfuros produciendo fuertes olores
Tiempo de Almacenamiento	
Condiciones de almacenamiento -	☐ Separado ☐ Mezclado
Destino Actual	Se derrama al suelo, mezclándose con agua y se vierte a residuales
Tratamiento actual	En la planta de tratamiento de residuales
Cantidad Generada	120,75 kg/año

Nombre del Residuo	Barredura de almidón
Etapas en que se genera	Empaque
Componentes contaminantes	No se ha determinado



Tiempo de Almacenamiento	-
Condiciones de almacenamiento Se recibe indebidamente en el almacén de productos terminados	☒ Separado ☐ Mezclado
Destino Actual	Se vende como alimento animal
Tratamiento actual	-
Cantidad Generada	1 837,3 kg/año

Nombre Formulario: Caracterización de residuos líquidos

Identificador Formulario: RL-2

Nombre del Residuo	Licor de remojo
Etapas en que se genera	Maceración
Componentes contaminantes	Azufre, Dióxido de azufre, DBO ₅ (generada)= 27 820,8 kg DBO ₅ /año
Tiempo de Almacenamiento	-
Condiciones de almacenamiento -	☐ Separado ☐ Mezclado
Destino Actual	Se vierte totalmente a residuales
Tratamiento actual	En la planta de tratamiento de residuales
Cantidad Generada	840,45 m ³ /año

Nombre del Residuo	Suspensión acuosa de gluten
Etapas en que se genera	Separación primaria
Componentes contaminantes	DBO ₅ (generada)= 139 104kg DBO ₅ /año
Tiempo de Almacenamiento	-
Condiciones de almacenamiento -	☐ Separado ☐ Mezclado
Destino Actual	Se vierte totalmente a residuales
Tratamiento actual	En la planta de tratamiento de residuales
Cantidad Generada	30912 m ³ /año

Nombre del Residuo	Lechada de almidón
Etapas en que se genera	Salideros en las bombas de las empaquetaduras
Componentes contaminantes	DBO ₅ (generada)= 109,6kg DBO ₅ /año
Tiempo de Almacenamiento	-
Condiciones de almacenamiento -	☐ Separado ☐ Mezclado
Destino Actual	Se vierte a residuales
Tratamiento actual	En la planta de tratamiento de residuales



Cantidad Generada	8,1878 m ³ /año

Nombre del Residuo	Agua potable derramada
Etapas en que se genera	Quemador de azufre, tanque colector 010-05 y limpieza
Componentes contaminantes	-
Tiempo de Almacenamiento	-
Condiciones de almacenamiento	___ Separado ___ Mezclado
Destino Actual	Se derrama y se vierte a residuales
Tratamiento actual	En la planta de tratamiento de residuales
Cantidad Generada	3848,888 m ³ /año

Nombre Formulario: Caracterización de Emisiones atmosféricas

Identificador Formulario: EA-3

Nombre del Residuo	Dióxido de azufre (SO₂) a la atmósfera
Etapas en que se genera	Quemado de azufre
Componentes contaminantes	Gas altamente contaminante que provoca las lluvias ácidas
Tiempo de Almacenamiento	
Condiciones de almacenamiento	___ Separado ___ Mezclado
Destino Actual	Atmósfera
Tratamiento actual	-
Cantidad Generada	26 089,5 kg/año



Anexo 97: Resultados del procesamiento de la lista de chequeo 2: Residuos. **Fuente:** Elaboración propia.

¿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	14	38,9	38,9	38,9
	No	22	61,1	61,1	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
¿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	11	30,6	30,6	30,6
	No	25	69,4	69,4	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
¿Dispone la empresa de medios o recipientes para almacenar los residuos?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	28	77,8	77,8	77,8
	No	8	22,2	22,2	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
¿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	3	8,3	8,3	8,3
	No	33	91,7	91,7	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
Tabla 5: ¿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	3	8,3	8,3	8,3
	No	33	91,7	91,7	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
¿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	30	83,3	83,3	83,3
	No	6	16,7	16,7	100,0
	Total	36	100,0	100,0	



¿Busca empresas o terceros interesadas en aprovechar los residuos derivados de las diferentes etapas?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	21	58,3	58,3	58,3
	No	15	41,7	41,7	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
¿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	17	47,2	47,2	47,2
	No	19	52,8	52,8	100,0
	Total	36	100,0	100,0	
¿Se considera en la empresa otras formas de tratamientos de residuos que el que se realiza actualmente en la planta de tratamiento de residuales?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	4	11,1	11,1	11,1
	No	32	88,9	88,9	100,0
	Total	36	100,0	100,0	

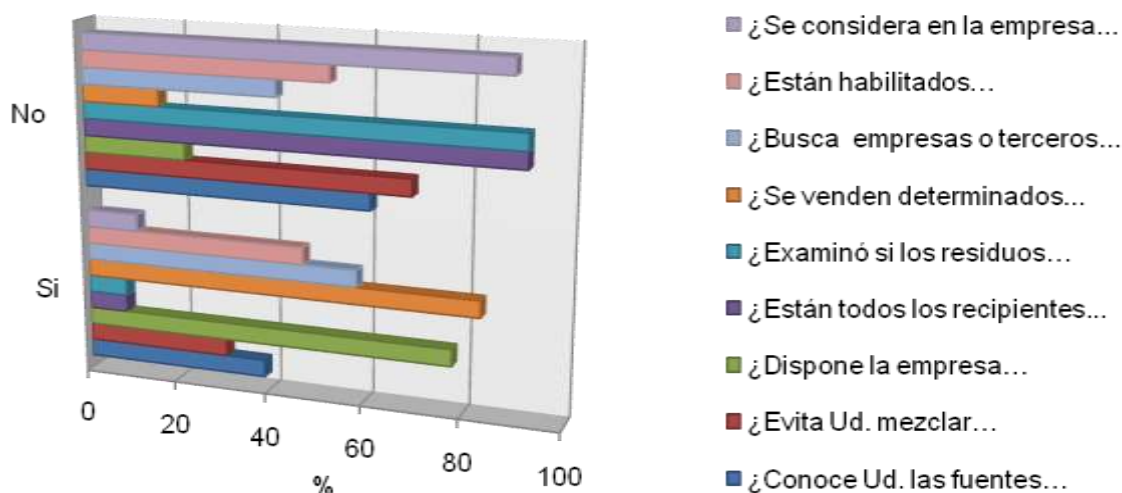


Gráfico 1: Resultados del procesamiento de la lista de chequeo.



Anexo 98: Cálculo para determinar las pérdidas de lechada almidón y agua para limpieza.

Fuente: Elaboración propia.

La lechada de almidón es derramada al suelo a causa de deficiencias tecnológicas existentes en diferentes bombas, el cálculo de las pérdidas se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1: Pérdidas de lechada de almidón. **Fuente:** Elaboración propia.

Bomba	Promedio de salideros x horas bomba (litros)	Total de salideros en 1288 h de trabajo en el 2012 (litros)
Bomba 1	0,86	1107,68
Bomba 2	0,88	1133,44
Bomba 3	0,85	1094,8
Bomba 4	0,92	1184,96
Bomba 5	1,02	1313,76
Bomba 6	0,97	1249,36
Bomba 7	0,85	1094,8
Total	6,35	8178,8

Después de realizar el análisis, se determina que el promedio de producto derramado en las horas de trabajo del 2012 para producir 1311,355 t de almidón está en el orden de los 8178,8 L de lechada de almidón o lo que es lo mismo $8,1878 \text{ m}^3$, los cuales se vierten adicionalmente por concepto de salideros prevenibles.

- Se utilizaron para la limpieza de varios equipos como los tanques de maceración y otros 800 m^3 de agua en el año 2012, según fue reportado en el libro de incidencias.
- Se requiere además de la limpieza química de la planta, de las cuales en el año fueron realizadas 16, según el libro de incidencias de la planta. Para determinar el consumo de agua para la limpieza química, se tiene: El flujo de agua utilizado es $8 \text{ m}^3/\text{h}$ y el tiempo promedio de la limpieza 4 horas, por lo que la cantidad de residuo líquido generado anual es de 512 m^3
- Se generan, además, pérdidas de agua por la limpieza de los pisos y equipos de la planta, la cantidad está determinada por el agua consumida para la limpieza diaria que es de $10,5 \text{ m}^3$ con una duración de 0,8 h, por lo que si se consideran los 234 días trabajados, se tiene una cantidad de residuos anuales por este concepto de $1965,6 \text{ m}^3$.
- Según la norma se requieren 10 L de agua para limpieza/L de lechada derramada, por lo cual anualmente se requieren adicionalmente 81 788 L o $81,788 \text{ m}^3$ de agua para limpieza.

Total de agua consumida para limpieza: $(800 + 512 + 1965,6 + 81,788) \text{ m}^3 = 3359,388 \text{ m}^3$



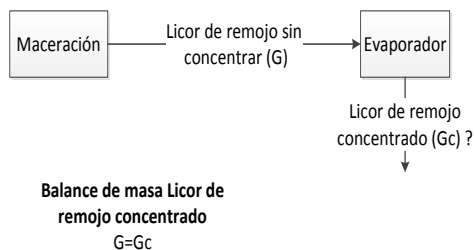
Anexo 99: Cálculo para determinar las pérdidas de agua del tanque colector 010-05, balance de la cantidad de licor de remojo y gluten que se deja de concentrar. **Fuente:** Elaboración propia a partir de García Yanes; Chou Rodríguez (2012); García Zamora (2012).

Para realizar los cálculos del agua perdida en el tanque colector 010-05, se llevaron a cabo mediciones en el lugar, determinando en qué tiempo se llena cierto recipiente de volumen conocido.

Datos

- En 1 min se pierden 40 litros de agua, lo que sucede aproximadamente cuatro veces en un turno de trabajo por 10 min.
- Se trabajan 3 turnos al día, de 8 horas cada uno.

$$\frac{40 \text{ L } H_2O}{\text{min}} \times \frac{0.001 \text{ m}^3}{\text{L}} \times \frac{10 \text{ min}}{\text{turno}} \times 4 \times \frac{3 \text{ turnos}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ 288 h}}{\text{año}} = 257.6 \text{ m}^3 H_2O / \text{año}$$



Datos

- Licor de remojo (G): 924 490.65 kg licor/año
- Concentración del licor de remojo a la salida de la operación de maceración (C1): 0.04 °Bx.
- Concentración del licor de remojo a la salida del evaporador (C2): 0.5 °Bx.
- Licor de remojo concentrado (LRc):

Para realizar este balance es necesario tener en cuenta la concentración del licor de remojo a la salida de la operación de maceración (C1) y posteriormente a la salida del evaporador (C2).

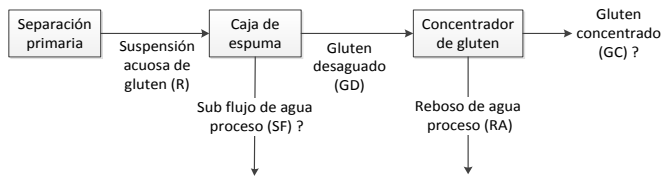
Balance

$$G \times C1 = Gc \times C2$$

$$Gc = \frac{G \times C1}{C2}$$

$$Gc = \frac{924 \text{ 490.65 kg licor/año} \times 0.04^\circ \text{Bx}}{0.5^\circ \text{Bx}}$$

$$Gc = 73 \text{ 959.25 kg licor/año}$$



Balance de masa Gulten concentrado

$$GD = R \times C_{m1} / C_{m2}$$

$$GC = GD \times C_{m2} / C_{m3}$$

- Suspensión acuosa de gluten (R):
278 208 kg/año, concentración media (Cm1) 9 mg/L
- Gluten desaguado (GD):
concentración media (Cm2) 17,5 mg/L
- Gluten concentrado (GC):
concentración media (Cm3) 120mg/L

Balance

$$GD = \frac{278\,208\,kg/año \times 9\,mg/L}{17.5\,mg/L} = 143\,078.4\,kg \quad GC = \frac{143\,078.4\,kg/año \times 17.5\,mg/L}{120\,mg/L} = 20\,865.6\,kg$$



Anexo 100: Cuantificación aproximada de residuos generados en el año 2012. **Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 1: Balance de los residuos líquidos generados en la planta de almidón en el año 2012.

Residuo	Cantidad (m³/año)	índice(m³/t_{amidón})	Pérdidas (CUP/año)
Agua de refrescar quemador	231,84	0,177	69,55
Agua del tanque colector 010-05	257,66	0,196	77,3
Agua para limpieza	3359,388	2.562	1007,82
Lechada de almidón derramada	8,1878	0,006	4218,70
Licor de remojo sin concentrar	840,45	0,642	-
Suspensión acuosa de gluten sin concentrar	30912,00	23,570	-
Total	35609,53	27,153	5373,4

Tabla 2: Balance de los residuos dejados de concentrar.

Residuo	Cantidad (kg/año)	índice(kg/t_{amidón})	Pérdidas (CUP/año)
Licor de remojo concentrado	73 959,25	56,399	33 197,66
Suspensión acuosa de gluten concentrada	20 865,60	15,910	4 175,21
Total	-	-	43 372,9



Anexo 101: Resultados del cálculo del parámetro DBO_5 para el vertimiento de residuales líquidos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de la Metodología del CITMA.

Tabla 1: Datos necesarios para realizar el cálculo. **Fuente:** NEIAL 2306.19.

Característica	Residuo	
	Licor de remojo	Suspensión acuosa de gluten
Caudal (Flujo)	6 m ³ /h	18 m ³ /h
Concentración	3 °Be	6 g/L

Forma de cálculo: $DBO_5(kg/h) = Q(m^3/h) \times C(kg/m^3)$

Donde Q : Caudal del residual líquido. $1^\circ Be = 1.2 g/L$ $1kg = 0.001g$

C : Concentración del residual líquido. $1L = 0.001m^3$

$$DBO_5(licor\ de\ remojo) = Q(6m^3/h) \times C(3.6\ kg/m^3) = 21.6\ kg/h$$

$$DBO_5(suspensión\ de\ gluten) = Q(18m^3/h) \times C(6\ kg/m^3) = 108\ kg/h$$

El cálculo de la lechada de almidón se realiza a partir de lo expuesto en dicha metodología, donde se declara que por la producción de 1 t de almidón, se generan 13,4 kg de DBO_5 . Por tanto si en el 2012, se derramaron 8178,8 L o de igual forma 8178,8 kg de lechada de almidón, se generaron aproximadamente 109,6 de DBO_5 .

Para conocer la carga específica que aportan estos residuales y, de esta manera, comparar su comportamiento en períodos de tiempo distintos u otras formas, se necesita saber la producción durante el período de monitoreo. La carga específica se calcula mediante la siguiente expresión: $DBO_5(\frac{kg\ contaminante}{kg\ producto}) = \frac{DBO_5(kg/h)}{Producción(kg\ producto/h)}$

Se debe aclarar que, la producción de estos residuales fue determinada en el balance de realizado anteriormente, donde la producción de licor de remojo en el período monitoreado (2012) fue de 717,77 kg/h mientras que la de suspensión acuosa de gluten fue de 216 kg/h y de lechada de 8178,8 kg/año; por tanto las carga específica por unidad de producto se computan a continuación:

$$DBO_5(licor\ de\ remojo) = \frac{21.6\ kgDBO_5/h}{717.77\ kg/h} = 0.03\ kg\ DBO_5/kg$$

$$DBO_5(suspensión\ de\ gluten) = \frac{108\ kgDBO_5/h}{216\ kg/h} = 0.5\ kgDBO_5/kg$$



$$DBO_5(\text{lechada de almidón}) = \frac{109,6 \text{ kg } DBO_5/\text{año}}{8\,178,8 \text{ kg/año}} = 0,013 \text{ kg } DBO_5/\text{kg}$$

Tabla 2: Resumen del cálculo del DBO_5 de los residuales líquidos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de la Metodología del CITMA.

Residual	Índice de generación(kg DBO_5 /kg producto)	DBO_5 generada (kg DBO_5 /año)
Licor de remojo	0,030	27 820,8
Suspensión de gluten	0,500	139 104,0
Lechada de almidón	0,013	109,6



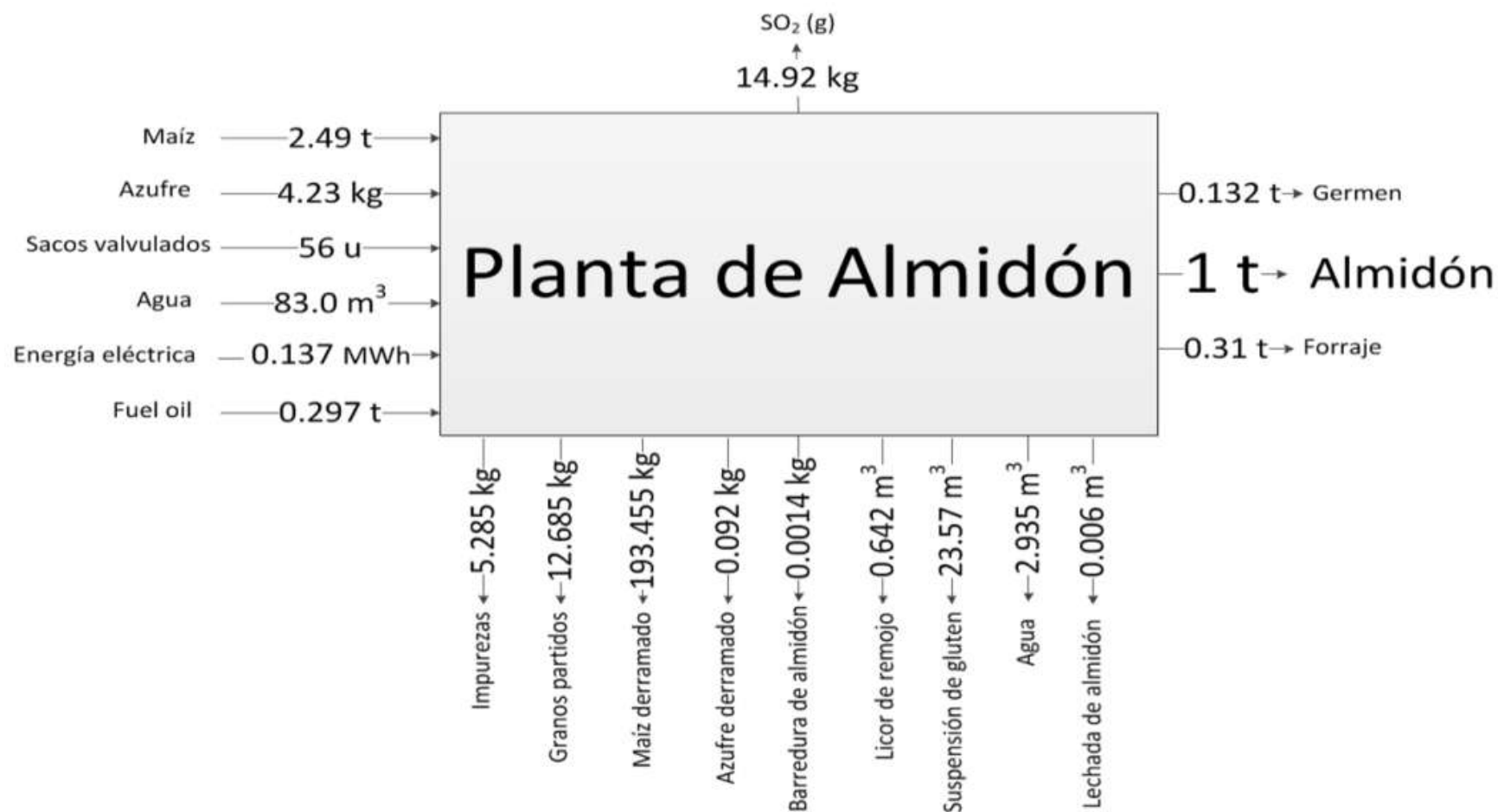
Anexo 102: Balance de los residuos sólidos generados en la planta de almidón en el año 2012.

Fuente: Elaboración propia.

Residuo	Cantidad (kg/año)	Índice(kg/t_{almidón})	Valor/Pérdida (CUP/año)
Azufre sólido derramado	120,75	0,092	54,10
Maíz derramado	253 688,316	193,455	8 7391,82
Maíz con granos partidos	16 634,724	12,685	5 730,41
Barredura de almidón	1 837,3	0,0014	1 095,766
Total residuo que se aprovecha	272 160,34	206,14	94 217,99
Total residuo que no se aprovecha	120,75	0,092	54,10



Anexo 103: Balance total de masa y energía para la producción de 1 t de almidón. **Fuente:** Elaboración propia.





Anexo 104: Recopilación de la información acerca del aprovechamiento de los residuos y subproductos obtenidos en la planta de almidón. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Ponce de León (2000); Robutti (2000); Ertola, Yantorno, y Carlos (2000); Saniez y Gouy (2001); Saniez, Gouy y Erpicum (2003); Sancho Tello (2012); Saval (2012); Reyes Lucas (2012).

 Residuo: Licor de remojo.

El agua de maceración, llamadas corrientemente “*corn-steep*” (“licor de maíz”) concentrada tiene una gran aplicación en el campo de la medicina. Es usada como material de cultivo de donde se extrae la penicilina y la estreptomicina, entre otras.

Al respecto de la utilización del licor de remojo en la producción industrial de penicilina se conoce que, la historia de las innovaciones en la producción de penicilina comenzó en 1945 con el descubrimiento de una nueva especie, *P. chrysogenum*, la cual permitió incrementar los rendimientos del producto y trabajar en cultivo sumergido empleando lactosa como fuente de carbono y energía, y agua de macerado de maíz como fuente de nitrógeno.

La principal fuente nitrogenada empleada hasta la década del 70 fue “*corn steep liquor*” debido a que aumentaba los rendimientos del antibiótico probablemente al suministrar compuestos como aminoácidos, factores de crecimiento, precursores de la cadena lateral, además de elementos trazas. Además de glucosa y lactosa, *Penicillium chrysogenum* puede utilizar una gran variedad de fuentes de carbono y energía. Alternativamente se han usado sacarosa, almidón, dextrinas, melaza, aceites vegetales y animales, etanol y glicerol.

Es conocido que la utilización del licor de maíz en la sustitución de fuentes de nitrógeno complejas tales como las proteínas de algodón o de soja, permite aumentar de manera substancial el rendimiento de producción de antibióticos. Para este propósito el agua de maceración de maíz, procedente del remojo del grano con agua sulfurosa, se somete a un procedimiento de evaporación para separar algo de agua y, de esta forma concentrar los sólidos nutrientes deseados. Para la aplicación del licor de remojo en la producción industrial de antibióticos, se tiene la Patente de Estados Unidos No. 4 359 528, puede consultarla en Jean-Claude y Oudenne(1988).

Según los técnicos en la materia, el principal interés de las aguas de remojo se refiere a su composición en compuestos esenciales que proceden de la transferencia de las materias solubles del maíz. Estos compuestos constituyen factores favorables al crecimiento de los microorganismos y también a la producción de metabolitos secundarios y hacen de las aguas de remojo una fuente ideal de materias nutritivas en las industrias de fermentación. Además, constituye un substrato relativamente poco costoso en comparación con los extractos de



levaduras que representan la materia de referencia en este campo (fermentación) y que son utilizados igualmente en alimentación humana y animal. Para la aplicación del licor de remojo como compuesto nutritivo resultado del remojo del maíz y procedimiento de obtención del mismo, se tiene la Patente No. 2 158 254, puede consultarla en Saniez y Erpicum (2003).

 Residuo: Suspensión acuosa de gluten.

El gluten *meal* está constituido por la fracción proteica que se separa de la lechada de almidón en la centrifugación y se emplea principalmente en la alimentación de aves, pollos y pintadas con el fin de acentuar la pigmentación natural de las carcasas. Empleado en las fórmulas de ponedoras, participa en la coloración de la yema de huevo.

El gluten *feed* se obtiene mezclando la porción fibrosa del grano, las proteínas solubilizadas en la maceración y la torta de extracción del aceite, contiene un mínimo de 21% de proteína y se usa para alimentación de ganado.

 Subproducto: germen.

Del germen de maíz se extrae un aceite que es reconocido como uno de los de mejor calidad, superior a la mayoría de los obtenidos de las oleaginosas. Este aceite es destinado para fines alimenticios, es de fácil digestión, de asimilación rápida y total, además de ser un excelente vehículo para las vitaminas solubles. Ayuda a bajar el colesterol en la corriente sanguínea, disminuyendo así el riesgo de disturbios cardiovasculares en el ser humano.

Como residuo, posterior a la obtención del aceite, queda una torta, rica en proteína y otros nutrientes, que se usa en alimentación animal.

 Subproducto: barredura de almidón.

La barredura de almidón puede ser usada en la fabricación del papel, porque aumenta su resistencia a la tracción, a la arruga, a la rajadura y al desgaste, su empleo mejora también su presencia al tacto. Casi todos los papeles son sometidos a un tratamiento con el almidón de maíz para obtener una superficie lisa y hacer posible la escritura e impresión.



Anexo 105: Inventario de problemas detectados. **Fuente:** Elaboración propia.

Técnica utilizada	Problemas detectados
Balance del consumo de agua. Balance de residuos líquidos. Reconocimiento en planta.	P-1: Falta de instrumentos de medición (hidrómetros, flujómetros, metro contador instantáneo e integrador) para controlar el consumo de agua por planta, o por secciones. P-2: Elevados consumos de agua (108845,1 m³) e inexistencia de un índice de consumo por unidad de producción. P-3: Malas prácticas operativas como: llaves de agua abiertas innecesariamente, tuberías con salideros no controlados, válvulas defectuosas, mangueras de agua para limpieza sin gatillos de cierre rápidos, pérdidas de agua cuando se realiza la limpieza de la tela de forma manual (spray fuera de servicio). P-4: Pérdida total del agua usada para refrescar el quemador de azufre (231,84 m³/año) y pérdidas de agua en la limpieza de la planta (3359,388 m³/año). P-5: Pérdida de agua por deficiencia en la válvula del tanque colector 010-05 (257,66 m³/año). P-6: Reincorporación de agua sulfurosa en los tanques de maceración por bajo nivel en los mismos, provocado por deficiencias en las válvulas manuales de regulación de nivel.
Balance de consumo de energía eléctrica. Reconocimiento en planta. Criterio de expertos.	P-7: Falta de instrumentos de medición (metro contador, instantáneo e integrador) para controlar el consumo de electricidad por planta, o por secciones de procesos, así como en la parte administrativa. P-8: Elevados consumos de energía eléctrica sobre todo en el horario pico. P-9: Existencia en algunos locales de luminarias con elevados consumos y no aprovechamiento de la luz natural a partir de láminas traslúcidas. P-10: Uso indiscriminado de medios de ventilación artificial como aire acondicionado. P-11: Descuido del encendido del alumbrado perimetral cuando todavía se puede aprovechar la iluminación natural. Encendido del alumbrado en el horario nocturno en lugares innecesarios.
Balance del consumo de fuel oil. Reconocimiento en planta. Criterio de expertos.	P-12: Falta de instrumentos de medición (flujómetros instantáneos e integradores) para controlar el consumo de fuel oil por planta, o por secciones de procesos. P-13: Puesta en marcha, en ocasiones de la operación de maceración con poca producción, dándole una carga a la planta de generación de vapor con escasa actividad productiva. P-14: Mal estado técnico del intercambiador de calor. P-15: Mal estado técnico y falta de insulación de redes (tuberías) de distribución del vapor, produciéndose escapes de vapor. P-16: Falta de flujómetros de vapor para determinar el consumo por áreas.
Balance de	P-17: Pérdida de la materia en proceso por fallos eléctricos, averías



consumo de materia primas. Balance de residuos sólidos y emisiones. Reconocimiento en planta. Criterio de expertos.	imprevistas y conductos en mal estado, provocando el sobreconsumo de materias primas y agua. P-18: Pérdidas de maíz por deficiencias tecnológicas en transportadores y zarandas (separadores de piedra) de la sección de limpieza, mala calidad del maíz recepcionado con cantidades de impurezas y granos partidos. P-19: Malas prácticas operativas en el suministro de azufre sólido al quemador, se realiza manualmente sin pesaje ni dosificación adecuada para mantener los parámetros, provocando derrame del mismo en el área, pérdida de (120,75 kg/año). P-20: Almacenamiento de la barredura de almidón en el almacén de productos terminados sin realizarle pruebas de laboratorio a la misma, lo que puede ocasionar la contaminación del resto de producciones almacenadas. P-21: Pérdida de lechada de almidón por salideros en las empaquetaduras (8,1878 m ³ /año).
Balance de emisiones atmosféricas. Reconocimiento en planta. Criterio de expertos.	P-22: Rotura de la torre de absorción No. 2, permitiendo escape de gases a la atmósfera (26089,5 kg SO ₂ (g)) y la inadecuada absorción del azufre. P-23: Emisiones de gases por la ineficiente combustión en la caldera. P-24: No se regulan adecuadamente los parámetros de operación de la caldera. P-25: Deficiente estado técnico de la caldera. P-26: No se cuenta con automatización para los lazos de control de la combustión.
Balance del producto final. Análisis de las cartas de control. Tormenta de ideas. Causa efecto. Análisis de Modos y Efectos de Fallos. Criterio de expertos. Listas de chequeo	P-27: Deficiencias tecnológicas, causado por los años de explotación de la planta, la falta de automatización, modernización, reparaciones y un mantenimiento general. P-28: Carencia de nuevas tecnologías. P-29: Equipos fuera de servicio causado por la falta de piezas de repuesto: Concentrador de gluten, segunda prensa de forraje, depurador húmedo, agitador, dos extractores de aire. P-30: Variabilidad en el tipo de maíz. P-31: Inadecuado manejo de los residuos, provocado por el desconocimiento de las fuentes y lugares generadores de estos, no se evita mezclar los residuos en su disposición, no hay señalización en los recipientes de los residuos, desconocimiento acerca de la posible reutilización de los residuos generados en la planta, no se considera en la empresa otras formas de tratamiento de residuales. P-32: No se realiza mantenimiento preventivo a las máquinas y herramientas.
Balance de residuos líquidos. Reconocimiento en planta. Criterio	P-33: Pérdidas de residuos líquidos con grandes oportunidades de aprovechamiento, licor de remojo 785,82 m ³ /año con una generación de 27 820,8 kg DBO ₅ /año; suspensión acuosa de gluten 30 912 m ³ /año con 139 104 kg DBO ₅ /año y lechada de almidón 8,18 m ³ /año generando



de expertos.	109,6 kg DBO₅/año, provocando impactos económicos y ambientales. P-34: No se evalúa el desempeño ambiental de la planta, el cual puede hacerse en función de: 🔄 Descargas de residuales líquidos, la misma se debe hacer en términos de la cantidad de carga contaminante (kg DBO₅/unidad de producto). 🔄 Consumos de materias primas y recursos (agua, energía eléctrica y combustibles).



Anexo 106: Oportunidades de mejoras a los problemas detectados en la Empresa de Productos Lácteos “Escambray”. **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_{H y Q.}).
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_{H y Q.})
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.).
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_{H.})



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 m² de tanques de amoníaco y comprar insulación para 4 terminales de tuberías en compresores de NH₃.

- Salón de producción: Comprar 10 m de tuberías de frío.

Tuberías de frío en la planta de queso (P13_Q.)

- 14 m³ de los tanques de amoníaco.
- 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_H.)

- 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_Q.)

- 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_H.).

12. En la planta de helado eliminar escape de frío en (P20_H.):

- 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:

Planta de helado (P26_H.):

- 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_Q.)

- 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_H).
15. Colocar tapa a 1 m² del banco de hielo de la sala de máquina (P15_Q).
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_Q).
- P20_Q.
 -  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_Q).

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 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_Q).
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_{H y Q.}).
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 tiempo limpiando para que se desprenda el churre o restos de materias primas en las pipas (P6_{Q.}).
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_{H.}).
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_{Q.}).
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_{H.}).
33. Restablecer el automático del sistema de capacitores ya que estos se encuentran trabajando de forma manual (P21_{H.}).
34. Comprar tapas para una superficie de 2 m² para hermetizar parte del banco de hielo (P23_{H.}).
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_{H.}).
36. Restablecer las 5 trampas de vapor de los tanques disolución que se encuentran en el salón de mezclas (P28_{H.}).
37. Colocar sistema de flotante en línea de quesos pasta hilada para controlar el nivel máximo de agua caliente de la cuba (P29_{Q.}).
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_{Q.}).
39. Comprar una bomba para que el agua con agentes de limpieza recircule (P9_{H.}).



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_{Q.}).
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_{H.}).
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_{Q.} y P41_{Q.}).
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_{Q.}).



Anexo 107: Propuestas de acciones mejora a los problemas detectados en la UEB Glucosa Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Problema detectado	Acciones de mejora
P-1	Adquirir y poner en funcionamiento los hidrómetros necesarios para la medición del consumo de agua en cada planta, así como la instalación de caudalímetros automáticos en secciones de interés por altos consumos (ver Figura 1 Anexo 108).
P-2 P-3	Recopilar datos de consumos de agua que pueden ser diarios, semanales, quincenales o en otro período de tiempos, así como las producciones obtenidas en estos, ello se puede realizar mediante la hoja de registro que se muestra en la Tabla 1 del Anexo 108 . (Lo anterior tendrá mayor factibilidad si se han instalado los equipos de medición en cada planta).
	Crear con estos registros las bases de datos para realizar análisis de regresión y estimar un índice de consumo resultado del promedio de los hallados en el período de tiempo estudiado, y compararlo con otras empresas similares.
	Explicar al personal la forma de calcular los volúmenes adecuados de agua que se necesitan en cada operación y las formas de verificar que la dosificación de agua sea la correcta, con el uso de un medidor de agua en la línea de alimentación.
	Concienciar y capacitar al personal sobre la importancia de conservar el recurso agua y, por ende, de la necesidad de hacer un uso racional del mismo. La capacitación de los empleados debe estar dirigida a introducir prácticas de uso eficiente del agua, como:
	 Realizar limpieza del área sin desperdiciar del agua potable, al culminar el proceso de molinación cerrar el agua de enfriamiento del molino fino.
	 Usar utensilios de limpieza (escobas y haraganes) para todas las operaciones de limpieza de pisos, en lugar del chorro de agua de una manguera, que solo debe usarse para el lavado final.
	 En parada total de la planta, cerrar la entrada de agua fresca de la caja cuatro de proceso.
	 Instalación de grifería de cierre automático, logrando que estas no se queden abiertas.
	Mejora de los pisos para evitar la acumulación de suciedad y suspensión acuosa del proceso derramada al suelo.
	Adquisición e instalación de dispositivos ahorradores de agua, sencillos y de fácil instalación, como lo son:
	 Gatillos de cierre rápidos para las mangueras usadas en la limpieza.
	 Válvulas reguladoras de presión.
	 Dispositivos para el ahorro de agua usado en inodoros (se puede observar en la Figura 2 del Anexo 108).
	De este último se puede decir que, la bolsa permite reducir el volumen de agua que necesita el tanque del inodoro; esta bolsa también puede sustituirse por un



	pomo plástico preferentemente lleno de algún material.
	Identificar las válvulas que se encuentran con desperfectos y asegurar la reparación o reposición de las mismas, realizar la misma acción para las tuberías con salideros.
	Aprovechar el agua de lluvia captándola y almacenándola para su posterior aprovechamiento en actividades que no requieran de calidad en el agua.
P-4	Instalación de un sistema de recuperación el agua en el área del quemador de azufre, mediante un tanque recolector.
P-5 P-6 P-22	Valorar y evaluar la factibilidad, técnica, económica y ambiental de la automatización de la sección de maceración, en conjunto con la sección de sulfitación y limpieza del maíz.
	Recuperación del control de nivel en el tanque colector 010-05.
P-7	Adquirir y poner en funcionamiento los contadores necesarios u otro instrumento para la medición del consumo de eléctrico en cada planta (ejemplos de estos se pueden observar en la Figura 3 del Anexo 108).
	Registrar las lecturas diarias de todos los medidores instalados, a fin de ejercer un control del consumo de energía y potencia.
P-8 P-10	No arrancar la molienda en el horario pico (ahorro de 400 kWh).
	Si la planta está moliendo en horario pico, no poner en funcionamiento áreas de limpieza, evaporador de licor de remojo, y bomba de agua de residuales (ahorro de 370 kWh).
	Disminuir el uso de aire acondicionado en el horario pico, especialmente para los departamentos no tecnólogos (ahorro de 20 kWh).
	En paradas más de ocho hora paralizar los agitadores de las degerminadoras.
P-9	Culminar proceso de sustitución de luminarias de 40 watts por las de 32 en los lugares que aún no se hizo (ahorro de 40 kWh). Colocar en algunos lugares del techo láminas traslúcidas para el aprovechamiento de la luz natural.
	Valorar la iluminación alternativa de mayor eficiencia, como la iluminación LED (Diodos Emisores de Luz).
P-11	Controlar el encendido y apagado del cercado perimetral con celdas fotoeléctricas.
	Evaluar e identificar las zonas que requieran de la iluminación artificial en el horario nocturno, para garantizar la protección física (ahorro de 0,5 kWh).
P-12	Adquirir y poner en funcionamiento los contadores necesarios u otro instrumento para la medición del consumo de fuel oil en cada planta.
P-13	Comenzar la sección de maceración cuando se disponga de al menos dos tanques de maíz limpio.
P-14	Reparación del intercambiador de calor.
P-15	Cumplir con el plan de mantenimiento y reparación a las bombas de combustible, filtros y trampas de vapor.
	Realizar inspecciones diarias al sistema de generación, uso y consumo final del vapor, detectando salideros para agilizar su posible solución.
	Completar el aislamiento térmico faltante en las instalaciones y tuberías para



	minimizar las pérdidas por concepto de transferencia de energía.
P-16	Adquisición e instalación de los flujómetros en las áreas que consumen vapor, para la optimización del proceso.
P-17 P-28	Estudiar la factibilidad de la instalación de un grupo electrógeno en la instalación, que garantice la continuidad del proceso tecnológico ante una falla del sistema eléctrico.
	Garantizar un sistema de mantenimiento, planificado, técnico-preventivo, con el fin de minimizar las afectaciones por averías en la tecnología.
	Introducir técnicas de diagnóstico para prevenir posibles fallas en los equipos (ver equipos de diagnóstico en la Figura 4 del Anexo 108).
	Instalación de variadores de frecuencia en los equipos que se posible como bombas, compresores y transportadores, estos permiten que la velocidad del equipo disminuya en función de la carga de trabajo, lo que reduce el consumo de energía, además de mejorar y alargar su vida útil (ver ejemplos en la Figura 5 del Anexo 108).
P-18 P-26	Recuperación de la materia en proceso derramada a residuales en caso de averías imprevistas, mediante la instalación de un sistema de recuperación.
	Reparación general de los transportadores y zarandas (separadores de piedra) del área de limpieza.
	Acordar con la circuladora de materias primas de MINAG la entrega del maíz con mejor calidad, para obtener productos que cumplan con las normas de calidad requeridas dentro del proceso productivo. Además de mantener la entrega del mismo tipo de grano.
P-19	Instalación de una pesa para la dosificación adecuada del azufre al proceso.
	Capacitación del personal, acerca de las buenas prácticas de manejo de las materias primas.
	Búsqueda de un medio adecuado para el suministro del azufre al quemador.
P-20	Buscar el local adecuado para el almacenamiento de la barredura de almidón y prohibir su almacenamiento en el almacén de productos terminados.
	Realizar pruebas de laboratorio a la barredura en búsqueda de algún tipo de contaminación.
P-21	Sustitución de empaquetaduras por sellos mecánicos de fabricación nacional.
P-23 P-24 P-26	Concebir un sistema de lazos de control de la combustión, para lo cual es necesario adquirir e instalar flujómetros tipo coriolis (ver Figura 6 del Anexo 108) para medir el flujo de fuel oil; establecer regulación del flujo de aire al quemador de la caldera mediante un flujómetro de aire; y a su vez adquirir e instalar analizador de oxígeno (ver Figura 7 del Anexo 108) para garantizar la relación aire-combustible correcta y así optimizar la combustión.
	Establecer lazos de medición de temperatura, presión y de las distintas variables que intervienen en la combustión.
	Mantener la calidad de la combustión regulando adecuadamente los parámetros de la misma.
	Adquirir e instalar un opacímetro en cada caldera, equipo (ver Figura 8 del Anexo 108) que permite medir la opacidad del humo en las chimeneas de las



	calderas, en los controles de los gases de combustión.
P-25	Realizar reparaciones en las superficies de aislamiento refractarios, en los intercambiadores de calor.
P-27	Valorar la factibilidad de la automatización o modernización de algunas de las secciones de la planta con mayor deterioro.
P-28	Rehabilitación de los contratos y relaciones con la firma ALFA-LAVAL, la cual puede proveer de algunas tecnologías de avanzada para la mejora del proceso productivo.
	Búsquedas bibliográficas acerca de las nuevas tecnologías que se usan internacionalmente para la producción del almidón, como la sustitución de las centrífugas por hidrociclones en la sección de refinación.
P-29	Análisis, identificación e inventario de las piezas de repuestos u otros elementos necesarios para la puesta en marcha de algunos de los equipos fuera de servicio
	Realizar las acciones necesarias para recuperación de los equipos de mayor necesidad actualmente, como lo son: concentrador de gluten y depurador húmedo.
P-30	Realización y ejecución de un plan de capacitación con los operadores de la planta, con lo referido a las buenas prácticas de manejo de los residuos.
	Mayor supervisión de los tecnólogos a los operadores de la planta.
	Señalizar los recipientes en los que se depositan los residuos, con el fin de garantizar su seguridad.
	Analizar la posible instalación de sistemas de segregación de flujos, los cuales permitirán en alguna medida mejorar el tratamiento de los residuales líquidos en la empresa. Lo anterior se puede realizar mediante la instalación, en algunos lugares de la planta donde se encuentran las salidas de efluentes, de rejillas para separar sólidos gruesos. Los sólidos recuperados pueden agregarse al lodo que es vendido como alimento animal sin la necesidad de tratamiento de los mismos, ofreciendo a su vez menor carga a la planta de tratamiento de residuales.
P-31	Concentrar el licor de remojo en el concentrador instalado en la sección de maceración para este fin.
	Buscar opciones factibles para la empresa y la sociedad para el aprovechamiento del licor de remojo y la suspensión de gluten, con el fin de cerrar el ciclo metabólico de los mismos.
	Ejecutar planes de monitoreo de la carga contaminante de los residuos líquidos de la planta, una sugerencia para llevarlo a cabo se explica en las Tablas 2, 3 y 4 del Anexo 108 .
P-32	Tomar como base los resultados de los balances de masa y energía realizados y utilizar de los mismos los consumos y cargas específicas como indicadores de desempeño ambiental, donde:  Consumo específico: expresa la cantidad de materia o de energía consumida por unidad de insumo utilizado o producto manufacturado.  Descarga específica: expresa la cantidad de residuos generados, ya sea por unidad de insumo utilizado o de o producto manufacturado.



	Estos consumos pueden expresarse en $\frac{\text{unidades de consumo o descarga}}{\text{tonelada de materia prima o m}^3 \text{ de producto}}$ (en términos de la cantidad de carga contaminante): $\frac{\text{kg de contaminante}}{\text{unidad de producto}}$ (en términos de concentración del efluente) $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$; $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
	Con estos resultados, realizar evaluaciones internas sistemáticas de las operaciones o del comportamiento de los mismos.
	Realizar comparaciones con consumos y descargas específicos de otras empresas “ <i>benchmarking</i> ”, estas comparaciones pueden ayudar a identificar operaciones con oportunidades de mejora.
	Con los resultados del cálculo periódico de los consumos, construir gráficas que permitan analizar el comportamiento de dichos consumos en función de la producción.
	Los resultados alcanzados permite a la dirección de la empresa realizar, además, las siguientes acciones: - Planificar los niveles de producción en los cuales el consumo específico es menor, de acuerdo a la capacidad instalada y la demanda de sus productos’ - Fijar normas de consumo de insumos de manera global y por procesos (aspecto inexistente en la empresa). Estos permite un control, bastante preciso, de los niveles de consumo y del rendimiento de la planta en cada una de sus secciones. - Asignar costos de consumo de cada insumo, a cada una de las operaciones o secciones que interviene en el proceso productivo. - Efectuar un correcto manejo de los recursos.

Otras mejoras de importancia para la empresa, referidas con: **Portadores energéticos**

- Efectuar auto lecturas diarias de los consumos de energía eléctrica, fuel oil y agua.
- Informar los resultados de los partes diarios a todas las instancias que lo requieran.
- Discutir los resultados de los consumos en los consejillos diarios de producción.
- Realizar inspecciones energéticas diarias en todas las áreas, en caso necesario adoptar medidas urgentes.
- Llevar a cabo los planes temáticos de la Comisión de Energía, así como los acuerdos derivados de ella.
- Informar en los Consejos de Dirección mensuales sobre la situación de los portadores energéticos.
- Dar seguimiento a los planes de ahorro, la situación del banco de problemas energéticos y a las medidas del plan de contingencia energética.



Capacidad de producción

→ Estudiar la factibilidad técnica, económica y ambiental de llevar a cabo una automatización en la industria. La cual estará encaminada hacia:

- Aumentar la capacidad productiva.
- Instalar equipamiento de medición y control que permita la disminución de las excesivas operaciones manuales.
- Aumentar la productividad.
- Mejorar la calidad de las instalaciones y condiciones tecnológicas de las áreas productivas.

Alternativas para el tratamiento de los residuales, teniendo en cuenta nuevas tecnologías y técnicas

→ Llevar a cabo la adición del nutriente necesario para la adecuada formación de flóculos y control de pH, sulfato de alúmina.

→ Estudiar la factibilidad de la utilización de técnicas de tratamiento terciario como: de ultrafiltración, centrifugación, lagunas estabilizadoras (anaeróbicas, aeróbica).

→ Continuar con el mejoramiento de los procedimientos utilizados para la adición de microorganismos eficientes en el agua residual.

→ Estudiar la factibilidad de poner en funcionamiento los filtros biológicos, así como la posible obtención de energía a partir de los mismos.

Alternativas para nuevos productos

→ Aprovechar las capacidades productivas para la obtención del aceite de germen de maíz, mediante este producto se lograría aprovechar un elemento altamente nutritivo y saludable que actualmente se pierde en el pienso, no obstante luego de ser sometido a la extracción del aceite la torta residual de Germen puede incluirse en las formulaciones de los piensos que actualmente se fabrican para alimento animal.

→ Evaluar la factibilidad de producir leche concentrada (evaporada) y en polvo a partir de la leche fresca, haciendo uso de las facilidades instaladas.



Anexo 108: Elementos que complementan las acciones de mejora de la UEB Glucosa Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de (Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005) y SICK MAIHAK *Analyzers and Process Instrumentation*.



Figura 1: Medidores volumétricos de agua. **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

Tabla 1: Registro del consumo de agua por medidor. **Fuente:** Modificado de Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

N° de medidor: (1)		Planta: (2)		
Fecha	Consumo desde la última lectura	Observaciones	Firma	Producción
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Leyenda:

1. Se recoge el número de equipo.
2. Se pone el nombre de la planta de producción en que se realiza la medición.
3. Se aclara el período de tiempo en que se realiza la medición: diaria, semanal, mensual u otra.
4. Se registra el consumo que se ha tenido desde la última lectura realizada (m^3).
5. Se plasma cualquier dificultad o planteamiento que se requiera.
6. Firma del encargado de realizar la medición.
7. Se registra la producción que se ha tenido en el mismo período de tiempo que realiza la medición.

NOTA: Para una mejor interpretación de los resultados se debe tener un registro diferente para cada planta y cada medidor; así como recoger los consumos en el mismo período de tiempo para cada registro.



Figura 2: Dispositivo de reducción de volumen (tipo bolsa). **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).



Figura 3: Multimedidores eléctricos de instalación fija. **Fuente:** Endress+Hauser *People for Process Automation*.

Nota: Los multimedidores eléctricos de instalación fija se utilizan en diferentes ámbitos. Debido a la subida de precios energéticos y un aumento de consideración al medioambiente los multimedidores eléctricos desempeñan hoy en día un papel fundamental.

El PAC4200 (c) es el modelo más completo de esta serie, preparado para trabajos avanzados. Una memoria interna permite guardar valores diarios de energía para 365 días y realizar un registro de la curva de cargas con sello horario. Además, este multimedidor eléctrico detecta hasta la 31ª forma de onda armónica. Diferentes tarjetas de ampliación opcionales permiten un amplio campo de uso.



a)



b)



c)

Figura 4: Equipos de diagnóstico. **Fuente:** Flores (2008)

Donde:

- a) Analizador de calidad de energía Fluke 43B: equipo muy versátil y portátil para chequeo offline, cuenta con prensa fija y flexible, además que posee un osciloscopio incorporado,



sus rangos de medición son: Medida de la energía (W, VA, VAR), Factor de potencia, fluctuaciones de frecuencia, corrientes de marcha y arranque de motores.

- b) Evaluador de circuitos de motor: el MCE Mtap2 (*Motor Circuit Evaluator*) es un equipo muy versátil por sus características especiales, fácil de utilizar y es portátil; entre sus características podemos destacar: pruebas en motores de AC y DC y motores especiales; monitores cinco zonas de posible falla, circuito de alimentación, estator, rotor, entrehierro y aislamiento eléctrico.
- c) Analizador de vibraciones portátil VIBCHECK: siendo un factor crítico en cualquier equipo o maquinaria dinámico la vibración tanto por operación, como por sintomatología en la presencia de fallas o averías, actualmente ha tomado mucho auge esta aplicación y de la misma manera como con los otros equipos, se puede encontrar una gran diversidad de opciones.



Figura 5: Variador de frecuencia – FR-D 700. **Fuente:** Endress+Hauser *People for Process Automation*.

Nota: Este variador supervisa activamente sus propias funciones. Así por ejemplo, si las revoluciones del ventilador se reducen por debajo del 50 %, se dispara una alarma predefinida. Un programa interno de medición registra el envejecimiento de los condensadores del circuito principal, y un contador de horas de funcionamiento le permite al operario determinar el momento óptimo para el mantenimiento. Las funciones de protección del sistema y de sobrecarga, tales como la detección de fallo de fases del circuito de entrada y de salida, aseguran un funcionamiento sin problemas. La función OEC (*Optimum Excitation Control*) del FR-D700 contribuye a una mayor optimización del consumo de corriente y de potencia. Ello se traduce en una reducción adicional de la energía requerida en comparación con variadores convencionales.



Figura 6: Flujómetro Coriolis para medir flujo másico de fuel oil. **Fuente:** Endress + Hauser *People for Process Automation*.

Nota: Las ventajas de la medición con flujómetros másicos de Coriolis son evidentes por sí mismas. Se puede medir prácticamente todo tipo de líquidos: detergentes y disolventes, combustibles, aceites vegetales, grasas animales, aceites de silicona, látex, alcohol, zumos, pasta de dientes, vinagre, ketchup, mayonesa, gases, gases licuados, y otros.

Tiene como principales ventajas: el principio de medición universal para líquidos y gases; la medida directa y simultánea de caudal másico, densidad, temperatura y viscosidad (sensores de múltiples variables); el principio de medición independiente de las propiedades físicas del fluido; la precisión en la medición muy elevada (generalmente de $\pm 0,1\%$ lectura) y opcionalmente $\pm 0,05\%$ lectura; es independiente del perfil del flujo.

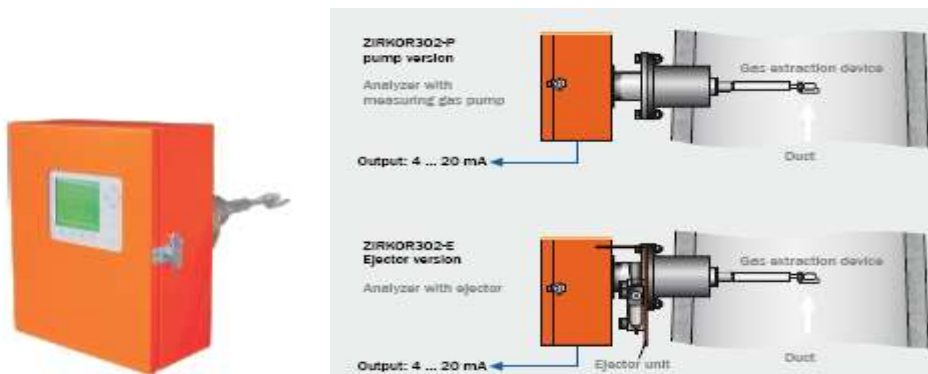


Figura 7: Analizador de oxígeno tipo ZIRKOR302. **Fuente:** SICK MAIHAK *Analyzers and Process Instrumentation*.

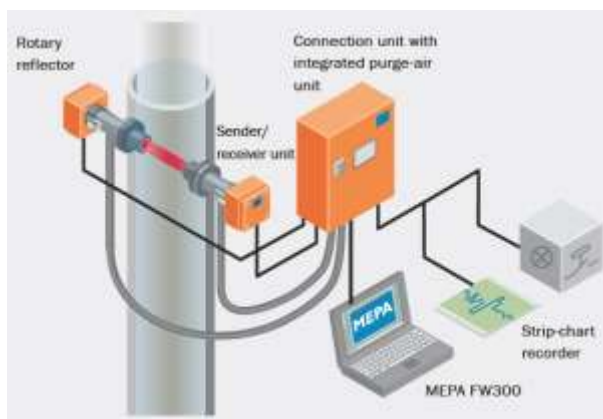


Figura 8: Opacímetro tipo FW300 marca SICK MAIHAK. **Fuente:** SICK MAIHAK *Analyzers and Process Instrumentation*.

Tabla 2: Plan de monitoreo de la carga contaminante de los residuos líquidos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

Acción	Responsable
Identificar los puntos de descarga de los efluentes; es decir, identificar por dónde abandona la planta el agua residual.	Especialista de Medio Ambiente
Identificar dónde confluyen los flujos de las diversas operaciones unitarias o áreas de proceso, incluyendo el punto donde se inicia y termina el flujo global. Esta acción permite esquematizar toda la red de drenaje de la planta.	Especialista de Medio Ambiente
Diseñar un programa apropiado de muestreo y de medición de flujos para monitorear, tanto las aguas residuales de cada operación unitaria como la composición del flujo global de la planta.	Especialista de Medio Ambiente
Ejecutar un programa de monitoreo exhaustivo, tomando muestras sobre un amplio rango de condiciones de operación, tales como producción al máximo, arranque, cierre, lavado. Efectuar las mediciones antes de que se mezclen las aguas albañales con las del proceso industrial, para mejor calidad en los resultados.	Especialista de Medio Ambiente
Medir el caudal de los flujos intermitentes o pequeños de aguas residuales.	Tecnólogo de la planta
Identificar las salidas de efluentes más importantes y relacionarlas con las características de la operación que origina dichas salidas; así como con las propiedades, comportamiento y reacciones que sufren las masas de entrada.	Tecnólogo de la planta
Tomar muestras para el análisis de laboratorio en recipientes limpios y secos. Se puede tomar cada hora una muestra de 100 mL para obtener un litro de muestra compuesta (el volumen de la muestra debe ser siempre el mismo).	Técnico de laboratorio
Determinar la concentración de algunos parámetros importantes, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos: pH, DQO, DBO ₅ , sólidos	Técnico de laboratorio



suspendidos (SS), aceites y grasas. Medir otros que la empresa considere pertinente.	
Los resultados obtenidos (cantidad de aguas residuales y sus cargas contaminantes) pueden ser registrados en un protocolo como el que se propone en las Tabla3 y 4 .	Especialista de Medio Ambiente
Contrastar los resultados de los parámetros medidos, con los LMPP expuestos en la NC 27:2012, siendo esta norma por la cual se rige la empresa para el vertimiento de sus residuales.	Especialista de Medio Ambiente
Una vez terminado el monitoreo es importante preparar lo más rápidamente posible un informe con los resultados y distribuirlo de acuerdo a lo establecido en las normas de la empresa, analizar los resultados en los consejos. Un resultado de monitoreo que no es conocido por las instancias responsables no tiene ningún valor.	Especialista de Medio Ambiente
Tomar las acciones necesarias para la mejora de la situación existente, llevar a cabo un plan de acciones.	Especialista de Medio Ambiente

Tabla 3: Aguas residuales – Caudales, concentraciones y cargas para cada operación unitaria (OU). **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

Origen	Descarga	Parámetro 1		Parámetro 2		Destino
		Concentración	Carga	Concentración	Carga	
OU 1						
OU 2						
....						
Total		-		-		

Leyenda:

Parámetro: se refiere a la variable que se estudia para indicar la calidad del agua como, la DBO₅, DOQ.

Origen: se debe aclarar la fuente que origina el residual, pueden ser operaciones unitarias, plantas de proceso u otras formas que considere adecuada la empresa.

Descarga: es entendida también como caudal, y se refiere al volumen que se tiene del efluente en un determinado período de tiempo, puede expresarse en [m³/día] o [L/h], entre otros.

Concentración: se refiere a la proporción de sólidos que tiene el residual. Hay varias maneras de expresar la concentración cuantitativamente, basándose en la masa, el volumen, o ambos como [mg/L] o [kg/m³]. Según cómo se exprese, puede no ser trivial convertir de una medida a la otra, pudiendo ser necesario conocer la densidad.

Carga: se trata de la contaminación que genera el parámetro estudiado, se puede determinar resultado de la multiplicación de la *Concentración × Descarga*. Puede expresarse en términos



de [mg/h] o también, si se divide entre la cantidad de producto obtenido en esa unidad de tiempo se tiene la carga específica, dada en [mg contaminante/unidad de producto].

Destino: se debe aclarar el destino que tiene dicho residual, puede ser el alcantarillado, el reciclaje u otro.

OU: Operación unitaria.

Tabla 4: Aguas residuales – Cantidades por unidad de producción para cada operación unitaria (OU). **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

Origen	Producción/unidad de tiempo	Cantidad de.../unidad de producción	Cantidad de.../unidad de producción	Cantidad de.../unidad de producción	Destino
OU1					
OU2					
...					
Total (descarga específica)					

NOTA: Las unidades de la descarga específica son [mg/unidad producción], y se obtiene de las siguientes operaciones:

$$\frac{\text{Descarga} \left(\frac{L}{h} \right) \times \text{Concentración} \left(\frac{mg}{L} \right)}{\text{Producción por unidad de tiempo} \left(\frac{\text{Producción}}{h} \right)} = \text{cantidad de elemento descargado/unidad de producción}$$

Leyenda:

Producción/unidad de tiempo: se detalla la producción obtenida en un tiempo determinado, puede expresarse en [producción/h].

Cantidad de.../unidad de producción: se define como la cantidad del parámetro medido en una cantidad de producción obtenida, puede expresarse en [mg/unidad de producción].

Descarga específica: representa la cantidad de aguas residuales generadas por unidad de producción obtenida.



Anexo 109: Encuesta a los expertos seleccionados de la Empresa de Productos Lácteos “Escambray” 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 ³ en planta para colectar el agua de enjuague de la línea de helado.					
Ubicar una cisterna de 350 m ³ 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 ³ 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.					



Resultados de la encuesta aplicada a los expertos.

Tabla 1: Resultado de la votación de los expertos.

	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 ³ en planta para coleccionar el agua de enjuague de la línea de helado.	3	2	3	2	3	3	2	3
M1	Ubicar una cisterna de 350 m ³ 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 ³ 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.

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.

Medidas de mayor urgencia a resolver para la empresa	Rango promedio	Prioridad
Colocar un tanque de 15 m ³ en planta para coleccionar el agua de enjuague de la línea de helado.	4,50	4
Ubicar una cisterna de 350 m ³ para recuperar el agua que se	1,50	1



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.	6,31	7
Instalar un tanque de 2m ³ 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
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.

N	8
W de Kendall ^a	,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.



Anexo 110: Encuesta a los expertos seleccionados de la UEB Glucosa Cienfuegos para priorizar aquellas acciones de mejora de mayor importancia. **Fuente:** Elaboración propia.

Estimado(a) experto(a):

Se ha estado realizando una investigación encaminada hacia la mejora de la gestión ambiental de su empresa, la misma tiene por título “Propuesta de un procedimiento para la Gestión de la Ecología Industrial. Caso de estudio: UEB Glucosa Cienfuegos” y tiene por objetivo proponer un conjunto de acciones de mejora que contribuyan a mitigar el impacto económico y ambiental de la producción de almidón. No obstante, resulta ineludible priorizar dichas acciones, lo cual usted puede realizar apoyándose en criterios tales como: potenciales costos, beneficios, posibilidad de ejecución, probabilidad de éxito, así como otros que considere oportuno.

A usted se le pide que lea con detenimiento la información que se solicita y responda el cuestionario con total sinceridad, 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
Adquirir e instalar gatillos de cierre rápidos para las mangueras usadas en la limpieza.					
Instalación de un sistema de recuperación del agua derramada en el área del quemador de azufre, mediante un tanque recolector.					
Completar el aislamiento térmico faltante en las instalaciones y tuberías.					
Reparación del intercambiador de calor.					
Recuperación de la materia en proceso derramada a residuales en caso de averías imprevistas, mediante la instalación de un sistema de recuperación.					
Reparación general de los transportadores y zarandas (separadores de piedra) del área de limpieza.					
Sustitución de empaquetaduras por sellos mecánicos de fabricación nacional.					
Recuperación de los equipos de mayor necesidad actualmente, como lo son: Concentrador de gluten.					
Concentrar el licor de remojo en el concentrador instalado en la sección de maceración para este fin.					



Sustitución de las centrífugas por hidrociclones en la sección de refinación					
Recuperación del control de nivel en el tanque colector 010-05.					

Resultados de la encuesta aplicada a los expertos.

Tabla 1: Resultado de la votación de los expertos.

Acciones de mejora		Expertos							
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
A1	Adquirir e instalar gatillos de cierre rápidos para las mangueras usadas en la limpieza	4	4	3	4	4	4	4	4
A2	Instalación de un sistema de recuperación del agua derramada en el área del quemador de azufre, mediante un tanque recolector	3	3	3	3	2	2	2	2
A3	Completar el aislamiento térmico faltante en las instalaciones y tuberías	3	2	2	2	3	3	2	2
A4	Reparación del intercambiador de calor.	2	2	2	2	3	2	2	2
A5	Recuperación de la materia en proceso derramada a residuales en caso de averías imprevistas, mediante la instalación de un sistema de recuperación	1	1	2	1	1	1	1	1
A6	Reparación general de los transportadores y zarandas (separadores de piedra) del área de limpieza.	3	3	3	2	2	2	2	2
A7	Sustitución de empaquetaduras por sellos mecánicos de fabricación nacional.	3	3	3	2	3	2	2	2
A8	Recuperación de los equipos de mayor necesidad actualmente, como: Concentrador de gluten.	1	2	1	1	1	1	1	1
A9	Concentrar el licor de remojo en el concentrador instalado en la sección de maceración para este fin.	1	2	2	2	2	2	2	2
A10	Sustitución de las centrífugas por hidrociclones en la sección de refinación	1	2	1	1	1	1	2	2
A11	Recuperación del control de nivel en el tanque colector 010-05.	3	3	3	2	3	2	3	2

Tabla 2: Estadísticos descriptivos.

Acciones de mejora	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
A1	8	3,88	,354	3	4
A2	8	2,50	,535	2	3
A3	8	2,38	,518	2	3



A4	8	2,13	,354	2	3
A5	8	1,13	,354	1	2
A6	8	2,38	,518	2	3
A7	8	2,63	,518	2	3
A8	8	1,13	,354	1	2
A9	8	1,88	,354	1	2
A10	8	1,38	,518	1	2
A11	8	2,63	,518	2	3

Tabla 3: Rangos de la Prueba W de Kendall.

Acciones de mejora	Rango promedio	Prioridad
Adquisición e instalación de gatillos de cierre rápidos para las mangueras usadas en la limpieza	10,75	11
Instalación de un sistema de recuperación del agua derramada en el área del quemador de azufre, mediante un tanque recolector	7,38	8
Completar el aislamiento térmico faltante en las instalaciones y tuberías	6,69	6
Reparación del intercambiador de calor.	5,88	5
Recuperación de la materia en proceso derramada a residuales en caso de averías imprevistas, mediante la instalación de un sistema de recuperación	2,13	2
Reparación general de los transportadores y zarandas (separadores de piedra) del área de limpieza.	6,94	7
Sustitución de empaquetaduras por sellos mecánicos de fabricación nacional.	7,81	9
Recuperación de los equipos de mayor necesidad actualmente, como lo son: concentrador de gluten.	2,13	1
Concentrar el licor de remojo en el concentrador instalado en la sección de maceración para este fin.	5,13	4
Sustitución de las centrífugas por hidrociclones en la sección de refinación	3,31	3
Recuperación del control de nivel en el tanque colector 010-05.	7,88	10

Tabla 4: Estadísticos de contraste. **Fuente:** Elaboración propia.

N	8
W de Kendall	,775
Chi-cuadrado	61974
gl	10
Sig. asintót.	,000

Existe concordancia entre los expertos ya que el estadístico W de Kendall tiene un valor de 0,775 por lo que se acepta la decisión.



Anexo 111: Resultados del estudio de factibilidad técnica, económica y ambiental para la Empresa de Productos Lácteos “Escambray”. **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 _{Q.})	Ubicar una cisterna de 350 m ³ (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 ³ /año).
38. (P31 _{Q.})	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 _{Q.})	Instalar un tanque de 2m ³ 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 _{H.})	Colocar un tanque de 15 m ³ en planta para coleccionar 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 ³ /año.
9. (P27 _{Hy} Q)	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 de fuel oil en 6,78 y diesel en 1,168 m ³ /año.
39. (P9 _H .)	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 ³ /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 _{H 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 ³ anuales, además de disminuir el volumen de los residuales líquidos.
30. (P7 _H .)	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 ³ 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 m³(10*10*3,5 m) para no perder el agua que se derrama al calentar la leche (proceso de



coagulación de la leche) en todas las líneas de queso; contribuyendo a que esta recircule y no sea derramada(P10_Q).

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^3 mecanizada.

🌱 Fundición de losa del fondo $= 0,20\text{m}_{\text{espesor}} \times 10\text{m}_{\text{largo}} \times 10\text{m}_{\text{ancho}} = 20\text{m}^3$

Esa losa de fondo lleva 34 barras de acero de 5/8 pulgadas horizontal y 34 vertical.

$34\text{barras} \times 9.95$ (largo de la barra) $= 338,3\text{m} \times 1.56\text{kg}$ (peso de la barra) $= 0.53\text{t} \times 2 = 1.06\text{t}$

El hormigón que necesita es para 20m^3 . En cemento son 8 t, en arena 136 m^3 y en piedra $14,8\text{m}^3$.

🌱 Muros $= 10\text{m}_{\text{largo}} \times 3.5\text{m}_{\text{ancho}} \times 4\text{ muros} = 140\text{m}^2$.

Estos llevan salpicado (arena no fina y cemento) de 280m^2 , de resano (arena, cemento, cal y recebo (tierra amarilla)) 280m^2 , de fino (arena fina y cemento) 140m^2 y estuco (cemento y cal) 240m^2 .

🌱 Cerramiento $= 10\text{m}_{\text{largo}} \times 0.25\text{m}_{\text{altura}} \times 0.20\text{m}_{\text{ancho}} \times 5\text{muros} = 2.50\text{m}^3$

El hormigón para 2.50m^3 es de cemento 0.9t, arena 1.7m^3 y piedra 1.85m^3 .

Para encofrado para el cerramiento es $50\text{m}^2 = (0.25\text{m} \times 10\text{m} \times 2 \times 10)$

Acero de $\frac{1}{2}$ pulgada $= 200\text{m} \times 0.994\text{kg} = 0.199\text{t}$ y acero de $\frac{3}{8}$ pulgadas $= 180\text{m} \times 0.249\text{kg} = 0.045\text{t}$.

🌱 Losa cubierta $= 10\text{m}_{\text{largo}} \times 10\text{m}_{\text{ancho}} \times 0.12\text{m}_{\text{espesor}} = 12\text{m}^3$

Esta lleva de cemento 4.20t, arena 8.16m^3 y piedra 8.88m^3 . Mientras que de acero de $\frac{1}{2}$ pulgada lleva 0.672t y de encofrado $104,8\text{m}$.

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.



							
Presupuesto por Renglones Variantes y Unidades de Obra							
Obra : 04301 CISTERNA EMPRESA DE PRODUCTOS LACTEOS ESCAMBRAY							
RV/UO	Suministro	Descripción	UM	Cantidad	Precio Unit	Precio Total	
Listado de Cantidades :		CONSTRUCCION DE CISTERNA					
Brigada:	001	BRIGADA 1					
Etapas:	1101	Cimentaciones					
012123		EN TIERRA DE 4 A 20 M2 DE SECCION EN	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	
Total del RV/ UO						\$1.314,98	
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	
Total del RV/ UO						\$849,88	
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	
Total del RV/ UO						\$266,26	
Total Etapa o Especialidad						\$2.439,12	
Etapas:	1206	Muros de carga					
031152		MURO DE BLOQUE DE 0.20 MACIZADO C	m2	140,00	\$4,43	\$620,20	
031152	3999990000	AGUA POTABLE	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	
Total del RV/ UO						\$1.766,22	
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	
Total del RV/ UO						\$577,99	
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	
Total del RV/ UO						\$256,84	
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 M	m2	140,00	\$0,99	\$138,60	
Total del RV/ UO						\$209,67	
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	
Total del RV/ UO						\$2.016,58	
Total Etapa o Especialidad						\$4.827,30	



Etapas:	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	
		Total del RV/ UO				\$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	
		Total del RV/ UO				\$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	
		Total del RV/ UO				\$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	
		Total del RV/ UO				\$1.349,51	
		Total Etapa o Especialidad				\$1.860,13	
Etapas:	1210	LOSA DE CUBIERTA					
042724		CON HORMIGON DE HASTA 200 KG/CM ²	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	
		Total del RV/ UO				\$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	
		Total del RV/ UO				\$514,20	
305351		HASTA 16 MM EN LOSAS PLANAS O CUR	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	
		Total del RV/ UO				\$1.977,85	
		Total Etapa o Especialidad				\$3.247,10	
		Total Brigada				\$12.373,65	
		Total del Listado de Cantidades				\$12.373,65	
		Total general				\$12.373,65	



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.

		Programación Cuantitativa							
Nombre de Obra : 04301 CISTERNA EMPRESA DE PRODUCTOS LACTEOS ESCAMBRAY									
Código	Descripción				UM	Cantidad	Precio Unitario	Importe	
Recursos Mano de Obra									
Listado de Cantidades :		CONSTRUCCION DE CISTERNA							
0000000211	AYUDANTE DE CONSTRUCCION DEL GRUPO SALARIAL V				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	
Totales del Listado de Cantidades :						1.100,51		2.404,65	
						1.100,51		2.404,65	
Recursos Equipos									
Listado de Cantidades :		CONSTRUCCION DE CISTERNA							
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	
Totales del Listado de Cantidades :						17,78		74,06	
						17,78		74,06	
Recursos Suministros bajo especificaciones									
Listado de Cantidades :		CONSTRUCCION DE CISTERNA							
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	
Totales del Listado de Cantidades :								9.894,66	
								9.894,66	
						Costo Directo Total :		12.373,37	



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 m3/h, presión 2Kgf/cm2	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
Total					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
Total				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.



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
Utilidad Marginal		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							
Utilidad bruta		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
Utilidad neta		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
VAN	82 773,54 CUP												
TIR	72%												
IR	4,82												
PRI promedio	1,24												
PRI descontado	1,64												

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.

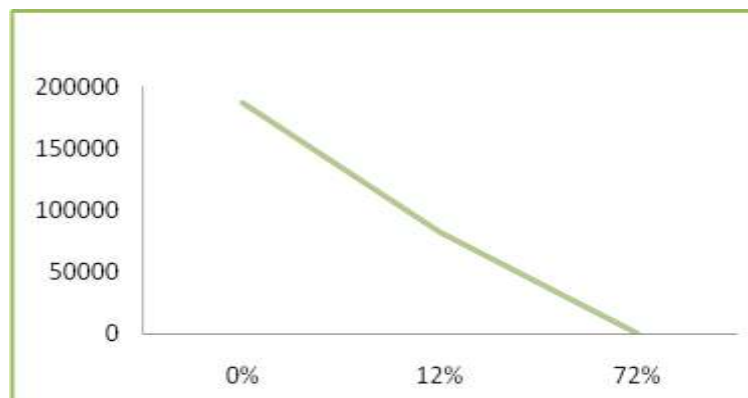


Gráfico 2: Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

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_Q).

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

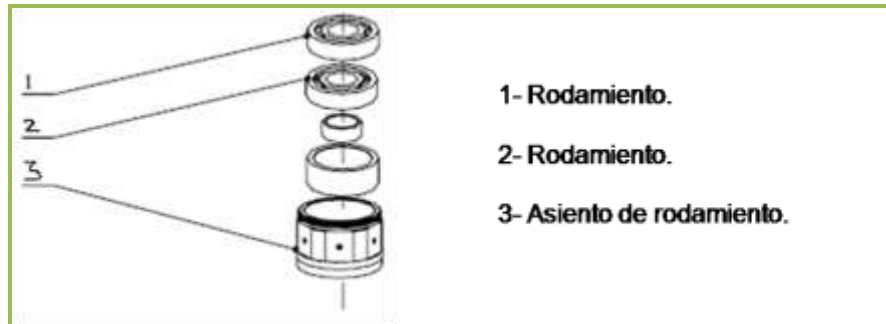


Figura 1: Rodamiento especial de sistema de eje vertical de la máquina descremadora.

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

$$\text{Inversión} = \text{Costo de materiales} + \text{Costo de mano de obra} = 7529,17 \text{ CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento de utilidades} &= \text{Incremento de los ingresos (I)} + \text{Ahorro de recursos(II)} \\ &= 34\,534,24 \text{ CUP} \end{aligned}$$

$$\text{(I) Incremento de los ingresos} = 0 \text{ CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{(II) Ahorro de recursos} &= \text{Ahorro de recurso grasa} = 16845,97 \text{ kg grasa suero} \times 2,05 \frac{\text{CUP}}{\text{kg}} \\ &= 34\,534,24 \text{ CUP} \end{aligned}$$

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.

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
Utilidad Marginal		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
Utilidad bruta		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
Utilidad neta		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
VAN	24 722,50 CUP					
TIR	116%					
IR	4,28					
PRI promedio	0,84					
PRI descontado	0,94					

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
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.

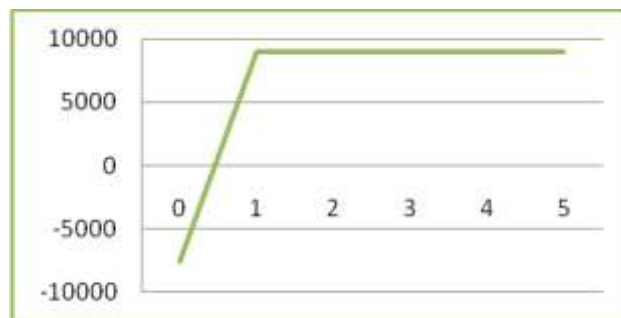


Gráfico 3: Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.

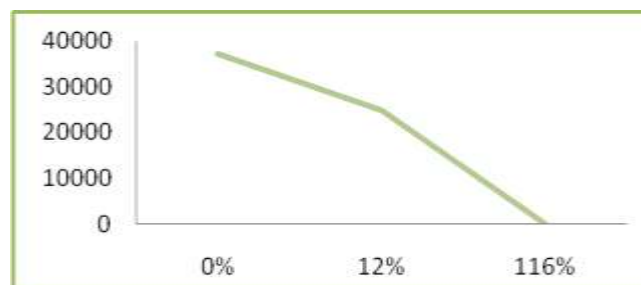


Gráfico 4: Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

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.



- 🌱 Cálculos del estudio de factibilidad económica instalar un tanque de 2m^3 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_Q).

Tabla 10: Materiales necesarios.

Materiales	Dimensiones y características	Material de construcción	Cantidad (u)	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Tanque	2m^3	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
Total					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
Total			252,29

$$\text{Inversión} = \text{Costo de materiales} + \text{Costo de mano de obra} = 11307,29 \text{ CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento de utilidades} &= \text{Incremento de ingresos (I)} + \text{Ahorro de recursos(II)} \\ &= 39519,3 \text{ CUP} \end{aligned}$$

$$\text{(I) Incremento de los ingresos} = 39513 \text{ CUP}$$

$$\text{(II) Ahorro de recursos} = \text{Ahorro de recurso agua} + \text{Ahorro de electricidad} = 6,309 \text{ CUP}$$

$$\text{Ahorro de recursos agua (agua hiladura)} = 21,03\text{m}^3 \times 0.30\text{CUP/m}^3 = 6,309 \text{ CUP}$$

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).

Con la inversión se puede utilizar esta agua hiladura y suero provenientes de la línea de queso como alimento animal, o en otra de las opciones propuestas en el **Anexo 111** 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	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingresos por ventas	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3	36916,3
Costos de Producción	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2	346,2
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
Utilidad Marginal	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626	36491,6626
Gastos Generales	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280	8280
Gastos financieros	2757,66	2757,66	2757,66	2757,66	2757,66															
Utilidad bruta	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 %)	9608,902617	9608,902617	9608,902617	9608,902617	9608,902617	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
Utilidad neta	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	-11007,26	16026,64	16026,66	16026,66	16026,66	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02	20009,02
Flujo de caja al descuento	-11007,26	16026,67719	14706,6571	13194,6699	11772,0491	10310,75723	9292,7707	8469,93494	7826,29867	7329,5979	6946,214889	6649,26673	6414,61693	6233,96693	6107,95981	6031,66667	5999,64197	5999,66667	5999,66667	5999,66667
VAN		133 980,60 CUP																		
TIR		164%																		
IR		12,85																		
PRI promedio		0,57																		
PRI descontado		0,68																		

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

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.

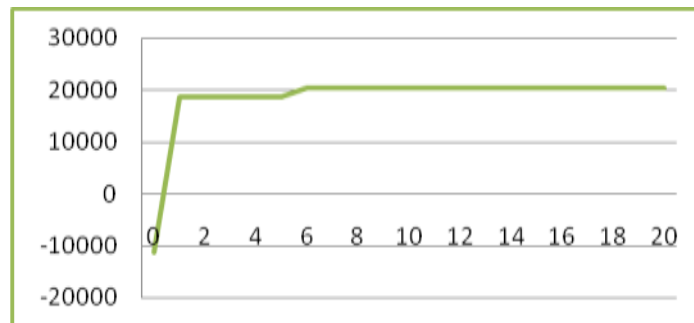


Gráfico 5: Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.

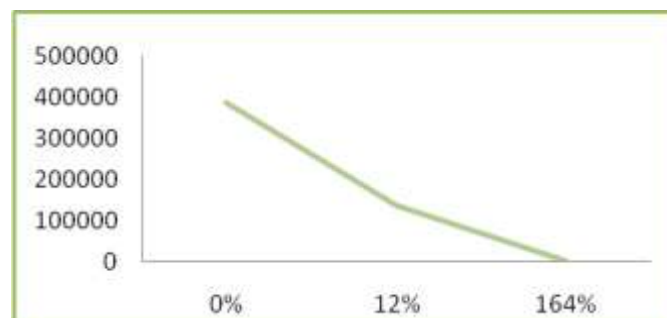


Gráfico 6: Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia

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 m³ para la recolección del agua de enjuague de la línea de helado y sea vendido como alimento animal (P6_{H.}).

Tabla 14: Materiales necesarios.

Materiales	Dimensiones y características	Material de construcción	Cantidad (u)	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Tanque	15m ³	Acero Inox	1	9900,00	9900,00
Bomba centrífuga con motor glf-20	Capacidad 15 m3/h, presión 2Kgf/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
Válvulas de bolas	4pulgadas	Acero Inox	2	10,00	20,00
Total					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
Total			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 m³/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 4004,21m³/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		120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129	120129
Costos de Producción		820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820
Depreciación		10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829
Utilidad Neta		1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172	1182969172
Gastos Generales		9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840	9840
Gastos financieros		493040	493040	493040	493040	493040															
Utilidad Bruta		10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633	10481633
Impuestos sobre la renta (35 %)		3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388	3661176388
Utilidad neta		6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736	6780736
Depreciación		10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829	10161829
Flujo de caja	-1030638	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374	6822374
Flujo de caja al descuento	-1030638	614467769	548616865	486673825	427387345	367624415	307294639	246483429	185483429	124483429	63483429	24483429	103483429	103483429	103483429	103483429	103483429	103483429	103483429	103483429	103483429
VAN		507 514,64 CUP																			
TIR		406%																			
IR		30,97																			
PRI promedio		0,24																			
PRI descontado		0,276																			

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 período de análisis.

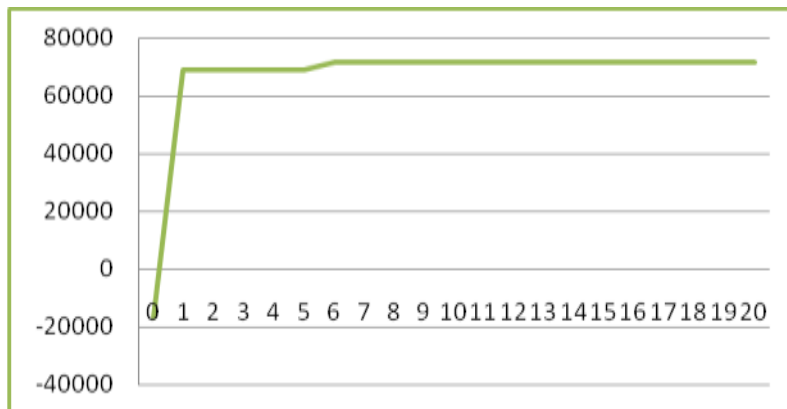


Gráfico 7: Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.

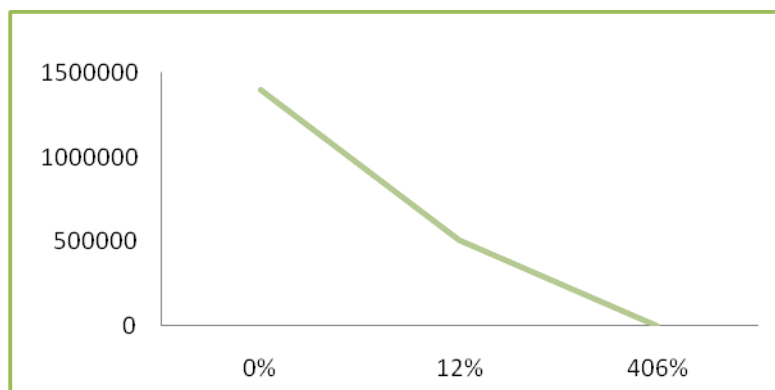


Gráfico 8: Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

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 ($P_{27_{HyQ}}$).

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.

$$\text{Inversión} = \text{Costo de materiales} + \text{Costo de mano de obra} = 1740,18 \text{ CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento de utilidades} &= \text{Incremento de los ingresos (I)} + \text{Ahorro de recursos(II)} \\ &= 5771,56 \text{ CUP} \end{aligned}$$

$$(I) \text{ Incremento de los ingresos} = 0 \text{ CUP}$$

$$(II) \text{ Ahorro de recursos} = \text{Ahorro de diesel} + \text{Ahorro de fuel oil} = 5771,56 \text{ CUP}$$

$$\text{Ahorro de diesel} = 1,168 \text{ m}^3/\text{año} \times 820 \text{ CUP/m}^3 = 957,76 \text{ CUP}$$

$$\text{Ahorro de fuel oil} = 6,78 \text{ m}^3/\text{año} \times 710 \text{ CUP/m}^3 = 4813,8 \text{ CUP}$$

Donde:

Pérdidas estimadas por estos conceptos: $1,168 \text{ m}^3/\text{año}$ de diesel y $6,78 \text{ m}^3/\text{año}$ 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
Utilidad Marginal		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
Utilidad bruta		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
Utilidad neta		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
VAN	10 920,51 CUP					
TIR	201%					
IR	7,28					
PRI promedio	0,50					
PRI descontado	0,55					

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.

Financiamiento			
Años	Término amortización del Principal	Término de liquidación Intereses	Término liquidación total
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.

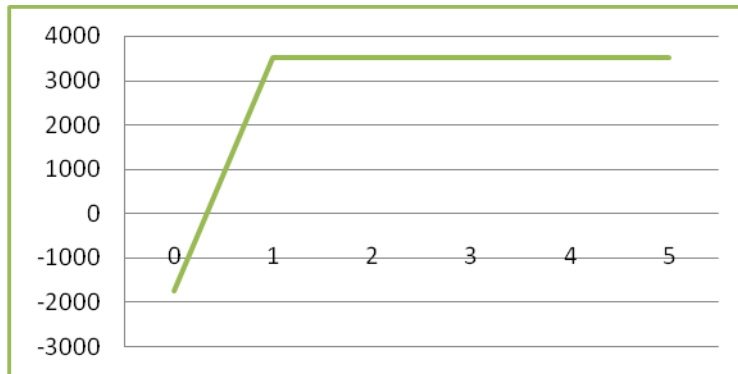


Gráfico 9: Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.

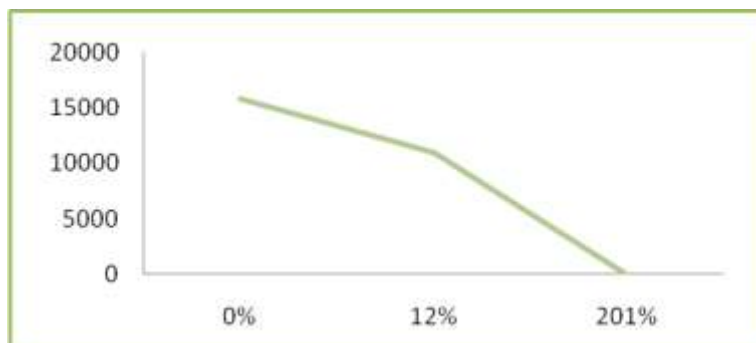


Gráfico 10: Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

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_H).

**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/cm2	Acero Inox	1	3100	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

Inversión = Costo de materiales + Costo de mano de obra = 3114,58 CUP

*Incremento de utilidades = Incremento de los ingresos (I) + Ahorro de recursos(II)
= 4498,16 CUP*

(I) *Incremento de los ingresos = 0 CUP*

(II)
*Ahorro de recursos = Ahorro de recurso agua + Ahorro de soluciones = 380,16 + 4118
= 4498,16 CUP*

Ahorro de recurso agua = 1 267,2m³ x 0.30CUP/m³ = 380,16 CUP

Ahorro de hidróxido de sodio = 6456kg/año x 0,45466 CUP/kg = 2935 CUP

Ahorro de ácido fosfórico = 756kg/año x 1,5649 CUP/kg = 1183 CUP

donde:

En un mes se consume aproximadamente 538 kg de hidróxido de sodio y 63 kg de ácido fosfórico.

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
Utilidad Marginal		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
Utilidad bruta		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
Utilidad neta		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
VAN	5 273,72 CUP					
TIR	69%					
IR	2,69					
PRI promedio	1,34					
PRI descontado	1,49					

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.

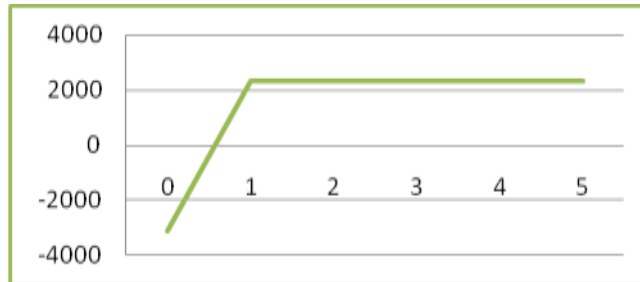


Gráfico 11: Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.

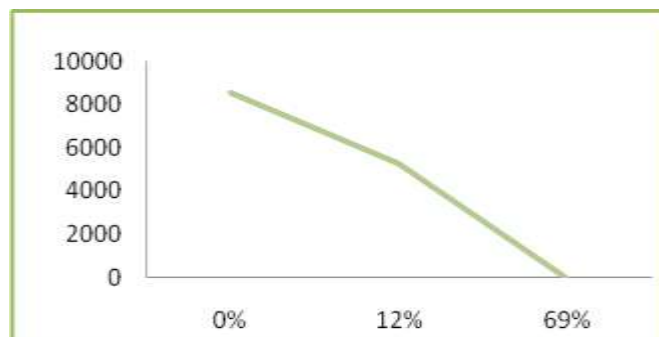


Gráfico 12: Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

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 ($P5_{HyQ}$).



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

$$\text{Inversión} = \text{Costo de materiales} + \text{Costo de mano de obra} = 182,35 \text{ CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento de utilidades} &= \text{Incremento de los ingresos (I)} + \text{Ahorro de recursos (II)} \\ &= 1803,5 \text{ CUP} \end{aligned}$$

$$\text{(I) Incremento de los ingresos} = 0 \text{ CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{(II) Ahorro de recursos} &= \text{Ahorro de recurso agua} + \text{Ahorro de electricidad} \\ &= 1803,5 \text{ CUP/año} \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro de recurso agua} = 6011,71 \text{ m}^3 \times 0.30 \text{ CUP/m}^3 = 1803,5 \text{ CUP}$$

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 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
Utilidad Marginal		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
Utilidad bruta		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
Utilidad neta		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
VAN	3 971,50 CUP					
TIR	630%					
IR	22,78					
PRI promedio	0,16					
PRI descontado	0,13					

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
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.

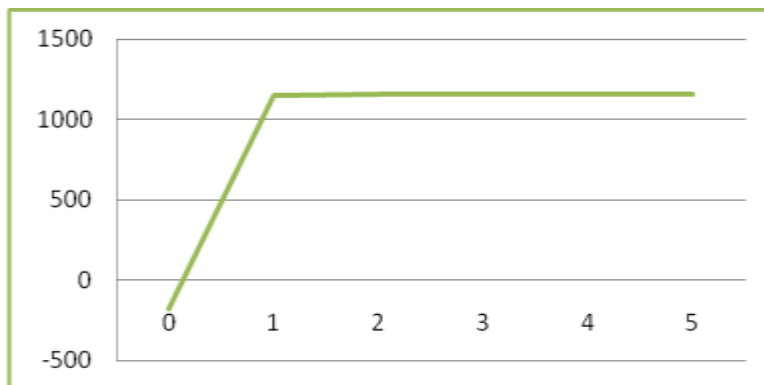


Gráfico 13: Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.

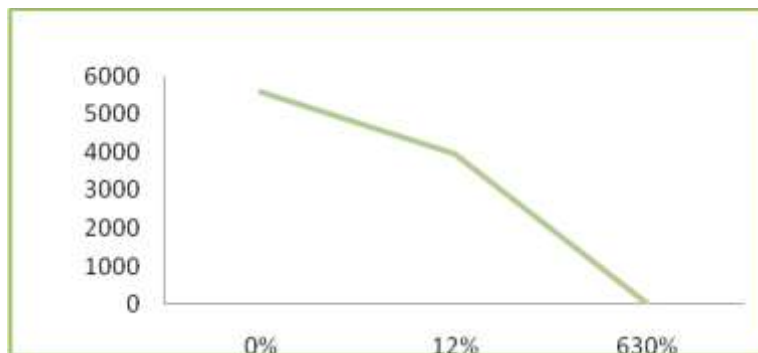


Gráfico 14: Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

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.

- 🔄 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_H).

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

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

$$\text{Inversión} = \text{Costo de materiales} + \text{Costo de mano de obra} = 15,46 \text{ CUP}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento de utilidades} &= \text{Incremento de los ingresos (I)} + \text{Ahorro de recursos (II)} \\ &= 87,6 \text{ CUP} \end{aligned}$$

$$(I) \text{ Incremento de los ingresos} = 0 \text{ CUP}$$

$$(II) \text{ Ahorro de recursos} = \text{Ahorro de recurso agua} + \text{Ahorro de electricidad} = 87,6 \text{ CUP/año}$$

$$\text{Ahorro de recurso agua} = 292 \text{ m}^3 \times 0.30 \text{ CUP/m}^3 = 87,6 \text{ CUP}$$

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
Utilidad Marginal		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
Utilidad bruta		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
Utilidad neta		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 descuento	-15,46	48,94096581	43,6975128	39,0156364	34,8353896	31,10302646
VAN	182,13 CUP					
TIR	354%					
IR	12,78					
PRI promedio	0,28					
PRI descontado	0,32					

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.

Financiamiento			
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.

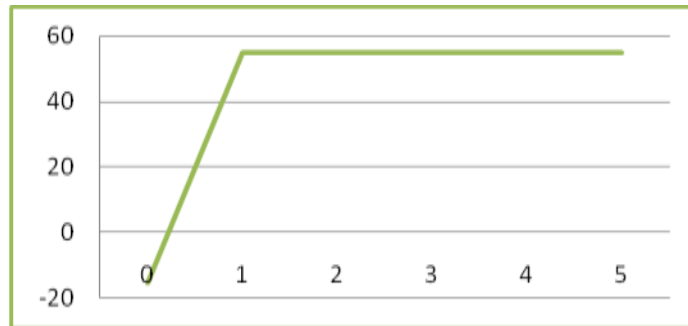


Gráfico 15: Flujo de caja. **Fuente:** Elaboración propia.

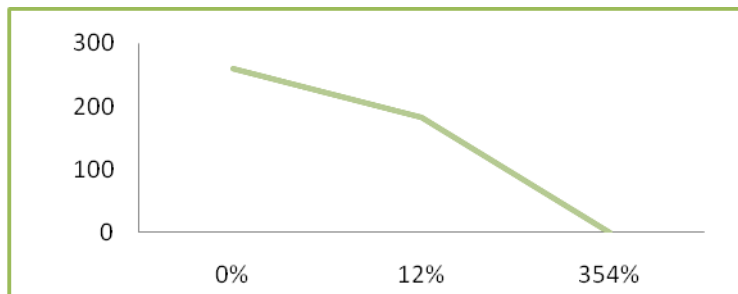


Gráfico 16: Perfiles de VAN. **Fuente:** Elaboración propia.

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 112: Resultados del estudio de factibilidad técnica, económica y ambiental para la UEB Glucosa Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Para la realización del estudio de factibilidad es necesario tener en cuenta un conjunto de elementos, tales como:

- 🌱 Para determinar el impuesto sobre la renta se considera la tasa fiscal del 35%; el financiamiento se halla a partir del Método de Amortización Progresiva con un plazo para la liquidación de la deuda de 5 años y una tasa de interés del 7% estipulada por el Banco Central de Cuba según la Resolución 59 de 1999 para el otorgamiento de préstamos a largo plazo.
- 🌱 Considerar el tipo de propuesta que se va a llevar a cabo ya que en dependencia de la misma y los estudios técnicos se tiene el tiempo de vida útil del activo, la cual puede ser una prolongación o revalorización en el caso que se realicen reparaciones u otras actividades que no sean sustituciones del activo.
- 🌱 Las proyecciones realizadas para los indicadores económicos de la propuesta se lleva a cabo a partir de la consideración del tiempo de vida útil del activo, u otros elementos que desde el punto de vista técnico afecten la calidad de la proyección. Se emplea para la determinación de las proyecciones el programa *Microsoft Excel*, el cual sirve de gran ayuda para ello obteniendo los resultados con la mayor precisión posible.
- 🌱 Considerar el Período de Recuperación de la Inversión (PRI) al descuento, es el tiempo de desembolso inicial a partir de los flujos de efectivos descontados al capital inicial al 12%, tasa de interés que estipula la Resolución 91/2006 del Ministerio de Economía y Planificación (MEP). Asimismo el PRI promedio considera el tiempo de desembolso inicial a partir de los flujos de efectivos pero en este caso si descontar la tasa de interés.
- 🌱 El análisis de los perfiles del Valor Actual Neto(VAN) al 0% (donde no se le aplica ninguna tasa de descuento a los flujos de caja), al 12% (la tasa actual de descuento) y al valor de la Tasa Interna de Retorno (TIR)(donde el VAN se hace 0).
- 🌱 El análisis del comportamiento del flujo de caja o de efectivo en los años estudiados (vida útil del activo).
- 🌱 Para analizar la factibilidad ambiental de la propuestas se toma en consideración los ahorros que estas representan para la empresa ya sea por conceso de agua, energía eléctrica, fuel oil, materias primas y materiales; elementos de importancia y repercusión en el objetivo que se pretende con la investigación.



Resumen del estudio de factibilidad de las acciones propuestas.

Propuesta	Aspecto técnico	Aspecto económico			Aspecto ambiental
		Beneficios (CUP)	Inversión (CUP)	PRI (mes)	
Recuperación del concentrador de gluten	Reparación de las piezas defectuosas	4 175,21	1 631,86	-	Reduce el vertimiento de 139 104 kg de DBO ₅ /año y 30912 m ³ /año de suspensión acuosa de gluten a los residuales. Cumple con objetivos establecidos por la Ecología Industrial.
Recuperación de la materia en proceso derramada por averías imprevistas	Instalación de un tanque de 4 m ³ semi-soterrado con un agitador, una bomba y conectado hacia una pipa cisterna	77134,0	8072,75	3	Reduce el vertimiento de 2729 kg de residuales, lo que contribuye a la disminución de la agresividad, volumen y carga orgánica contenida en los residuales a tratar.
Sustitución de las centrífugas por hidrociclones	Instalación de hidrociclones modelo MOCL -99 -10/ 15	812166,5	160 000	25	Disminuye el consumo de 7 908,32 m ³ agua y 99,176MWh de energía eléctrica, haciendo más sostenible la producción.
Concentración del licor de remojo	Utilizar alternativamente el evaporador existente en la empresa y que actualmente se encuentra trabajando en la producción de VIMANG	33 197,66	27 382,17	-	Reduce el vertimiento de 27 820,8 kg de DBO ₅ /año y 785,82 m ³ /año de licor de remojo a los residuales. Cumple con objetivos establecidos por la Ecología Industrial.
Reparación del intercambiador de calor	De la reparación se encargará la entidad COMELEC	19 442,5	9 132	14	Reduce el consumo de 17 969,75 kWh de energía eléctrica y 8,523 t de fuel oil
Completar el aislamiento térmico faltante en las instalaciones y	Recuperación de la protección térmica de 85m metros de	8 841,92	2 143,7	5,3	Reduce el sobreconsumo de fuel oil por pérdidas de calor de 88,12 t.



tuberías	tubería.				
Reparación de transportadores y zarandas de la sección de limpieza de maíz	Reposición y reparación de piezas y partes de dichas maquinas que se encuentran defectuosas	195 890,4	25 616,65	3	Recuperación de 253 688,316 kg de maíz haciendo más sostenible la producción, incidiendo positivamente en la sub-huella Insumos de la Huella Ecológica Corporativa.
Recuperación del agua derramada en el área del quemador de azufre	Instalación de un sistema de recolección del agua, mediante un tanque	2 013,3	547,95	-	Recupera y reutiliza 1010,88m ³ /año de agua derramada
Sustitución de empaquetaduras por sellos mecánicos de fabricación nacional	Consiste en la instalación 14 sellos mecánicos en reposición de la tecnología existente	4 219,7	434	2,16	Reduce el consumo de agua en 81,788 m ³ /año, lo que además supone un ahorro energético por bombeo de la misma de 49,1 kWh/año. Así como un decrecimiento de la disposición de 109,6 kg DBO ₅ /año a los residuales.
Recuperación del control de nivel en el tanque colector 010-05	Recuperación del regulador de nivel en el tanque colector 010-05	77,28	42,52	13	Disminuye la pérdida de m ³ /año de agua, y cierra el ciclo de la misma a partir de su continua recirculación.
Colocar gatillos de cierre rápido en mangueras para agua de limpieza	Instalación de 3 gatillo de cierre rápido en tres de las mangueras usadas para la limpieza de la planta	388,06	78,15	6	Reduce el consumo de agua en 1 123,2 m ³ /año, lo que a su vez repercute en una disminución del consumo energético por concepto de bombeo de esta agua de 204,4 kWh/año.

 Otro aspecto ambiental común para las propuestas está fundamentado en la implementación de estrategias de producción sostenibles; reducción del vertimiento y generación de residuales, lo cual contribuye a la disminución de la agresividad, volumen y carga orgánica contenida en los mismos; la desmaterialización del proceso al necesitar menor cantidad de reagente (cal) para el control del pH de los residuales. Favorece a la evolución del sistema de producción actual de la empresa (lineal o de Tipo I) hacia un sistema de cambio en la recuperación de recursos, de retroalimentación y ciclos internos



o de (Tipo II). Contribuye a la mejora de los indicadores de desarrollo sostenible Huella Ecológica Corporativa e Hídrica de la producción de almidón.

1. Estudio de factibilidad de la recuperación del concentrador de gluten

Esta acción de mejora consiste en la reparación y reposición de las piezas del concentrador de gluten que se encuentran defectuosas, para ello se necesita valorar la solución técnica.

1.1 Factibilidad técnica

Se determina que esta propuesta es una revalorización del activo, cuyas mejoras prolongan la vida útil desde el punto de vista técnico en 5 años.

Tabla 1.1: Materiales necesarios.

Materiales	Cantidad	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Rodamientos especiales	4	346,50	1386,00
Resortes amortiguador	8	6,49	51,92
Resortes rodamientos	12	4,53	54,36
Tobera	1	46,53	46,53
Filtro	1	32,25	32,25
Total			1571,06

Para lo cual se necesitan trabajar 2 días una brigada compuesta por los siguientes miembros:

Tabla 1.2: Mano de obra necesaria.

Integrantes	Cantidad	Salario (CUP/hora)	Gasto en salario (CUP)
Especialista Mecánico	1	2,10	33,60
Mecánico A	1	1,70	27,20
Total			60,80

1.2 Factibilidad económica

Costo total de la inversión = Gastos en materiales + Gastos en salario

Costo total de la inversión = 1571.06 + 60.80 = 1631.86 CUP

Incremento de utilidades = Incremento de ingresos + Ahorro de recursos

Ahorro de recursos = 0

Incremento de utilidades = Incremento de ingresos = 4 175.21CUP

El incremento de las utilidades se tiene por la venta del gluten que actualmente se vierte a residuales valorado en 4175,21CUP.

Cálculo para determinar los costos de producción: Si pone en marcha el concentrador de gluten también sería necesario utilizar la caja de espumas que actualmente no se utiliza por



estar fuera de servicio el concentrador, el consumo eléctrico de estos equipos y su costo se detalla a continuación:

Consumo caja de espumas= $10.8 \text{ kWh} \times 1\,288 \text{ h} \times 0.25 \text{ CUP/kW} = 3\,477.6 \text{ CUP}$

Consumo concentrador= $30.6 \text{ kWh} \times 1\,288 \text{ h} \times 0.25 \text{ CUP/kW} = 9\,853.2 \text{ CUP}$

Costo de producción total = $(3\,477.6 + 9\,853.2) \text{ CUP} = 13\,330.8 \text{ CUP}$

Resulta necesario determinar los gastos financieros, para ello se emplea el Método de Amortización Progresiva, resultando lo que se muestra en la **Tabla 1.3**, además se presentan en la **Tabla 1.4** los resultados de los indicadores económicos para el período de vida útil del activo.

Tabla 1.3: Cálculo del financiamiento usando el Método de Amortización Progresiva. **Fuente:** Elaboración propia.

Financiamiento				
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación de Intereses	Término de liquidación Total	
1	283,75	114,23	397,98	
2	303,62	94,37	397,98	
3	324,87	73,11	397,98	
4	347,61	50,37	397,98	
5	371,94	26,04	397,98	

Tabla 1.4: Cálculo de los indicadores económicos para un período de cinco años. **Fuente:** Elaboración propia

Conceptos	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ventas del gluten		4175,21	4175,21	4175,21	4175,21	4175,21
Costos de Producción		13330,8	13330,8	13330,8	13330,8	13330,8
Depreciación		97,91	97,91	97,91	97,91	97,91
Utilidad Marginal		-9253,50	-9253,50	-9253,50	-9253,50	-9253,50
Gastos Generales		0	0	0	0	0
Gastos financieros		397,98	397,98	397,98	397,98	397,98
Utilidad bruta		-9651,48	-9651,48	-9651,48	-9651,48	-9651,48
Impuestos sobre la renta (35 %)						
Utilidad neta		-9651,48	-9651,48	-9651,48	-9651,48	-9651,48
Depreciación		97,91	97,91	97,91	97,91	97,91
Flujo de caja	-1631,86	-9553,57	-9553,57	-9553,57	-9553,57	-9553,57
Flujo de caja al descontado	-1631,86	-8529,98	-7616,05	-6800,04	-6071,47	-5420,95
VAN		-36070,35				



Figura 1.1: Comportamiento del Flujo de Caja. **Fuente:** Elaboración Propia.

De los resultados anteriores se aprecia que la inversión no es factible, no se tiene impuestos sobre la renta ya que no se tienen utilidades, como se puede observar en la figura la tendencia del Flujo de Caja es decreciente en los 5 años en que se evalúa la factibilidad; además el valor de VAN es negativo y por tanto no se tiene el valor de la TIR. Se puede decir que la falta de atractivo de esta propuesta se debe al bajo costo del gluten, provocando esto que la utilidades no sean grandes.

1.3 Factibilidad ambiental

El hecho de que esta medida no sea factible desde el punto de vista económico no significa que lo sea en el aspecto ambiental, esto se demuestra con los elementos que se detallan seguidamente:

Con esta medida se logra una mejora ambiental muy necesaria para la empresa, ya que reduce el vertimiento de contaminantes a la planta de tratamiento de residuales, pues el gluten genera anualmente 139 104 kg de DBO₅ con un índice de generación de 0,5 kg DBO₅/kg de gluten. Con ello contribuye a la mejora del desempeño ambiental de la empresa, con el posible cumplimiento del Límite Máximo Permisible Promedio establecido en la NC 27:2012. Se logra además el cumplimiento de objetivos presentes en la concepción de la Ecología Industrial como lo son:

- Equilibrar la producción industrial y el desempeño económico de la empresa, produciendo aproximadamente 20 865,6 kg/año de suspensión acuosa de gluten concentrada con ingresos de 4 175,21 CUP.
- Implementar estrategias fabriles sostenibles.
- Considerar lo que antiguamente se veía como un residuo como un subproducto que aporta beneficios a la empresa y a la sociedad.
- Cerrar el ciclo metabólico de materia, mediante el aprovechamiento del gluten.



- e) Desmaterializar el proceso de producción a través de la disminución del consumo del reagente químico hidrato de cal, usado para el control del pH en la planta de tratamiento de residuales.
- f) Evolucionar del sistema de producción actual (lineal o de Tipo I) hacia un sistema de cambio en la recuperación de recursos, más integral el funcionamiento de los sistemas industriales, donde los procesos de fabricación y ambientales se integran al menos parcialmente, es decir un sistema de retroalimentación y ciclos internos o de (Tipo II)

2. Estudio de factibilidad de la recuperación de la materia en proceso derramada a residuales en caso de averías imprevistas

2.1 Factibilidad técnica

La siguiente propuesta al ser una instalación nueva se considera desde el punto de vista técnico de una vida útil larga, de aproximadamente 15 años. La solución técnica consiste en colocar un tanque de 4 m³ semi-soterrado, provisto de un agitador para evitar que el producto sedimente; debe tener instalada una bomba que se encargue de enviar el producto hacia la pipa cisterna ubicada en el exterior de la empresa hasta 10 metros del sitio. Para la ejecución de la propuesta se requieren los siguientes materiales:

Tabla 2.1: Materiales necesarios para la inversión.

Materiales	Dimensiones y características	Material de construcción	Cantidad (u)	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Tanque	4 m ³	Acero Inoxidable	1	400,00	400,00
Bomba centrífuga con motor glf-20	Capacidad 15 m ³ /h, presión 2Kg/cm ²		1	6000,00	6000,00
Tuberías	L= 40m, d=4pulg		30 m	30,00	900,00
Codos	4pulgadas		4	10,00	40,00
Válvulas de bolas	4pulgadas		4	40,00	40,00
Tapones	4pulgadas		4	40,00	40,00
Electrodos	5mm	Platino	0,1Kg	1,40	46,00
Gas	Acetileno	-	1m ³	1,75	1,75
Total					7467,75

Se necesitan trabajar 30 días con una mano de obra.

Tabla 2.2: Mano de obra necesaria.

Integrantes	Cantidad	Salario (CUP)	Gasto en salario (CUP)
Mecánico B	1	350,00	350,00
Pailero soldador	1	255,00	255,00
Total			605,00



2.2 Factibilidad económica

Cálculo para determinar el costo de producción: Según los especialistas el consumo de la bomba a instalar es de 5 kWh, el costo asociado se determina como sigue:
 $5kWh \times 1\,288\,h \times 0.25CUP/h = 1\,610\,CUP$

Costo total de la inversión = Gastos en materiales + Gastos en salario

Costo total de la inversión = 7\,467,75 + 605 = 8\,072,75 CUP

Incremento de utilidades = Incremento de ingresos + Ahorro de recursos

Ahorro de recursos = 0

En el 2012 se derramaron 2729 kg de materia en proceso, la cual si se recupera se vende como alimento animal y se obtienen ingresos de 77\,134,00CUP/año.

Incremento de utilidades = Incremento de ingresos = 77\,134,0 CUP

Para determinar cómo se llevarán a cabo los gastos financieros se emplea el Método de Amortización Progresiva, resultando lo que se muestra en la **Tabla 2.3**, así como en la Tabla 2.4 pueden observarse los resultados de la proyección de los indicadores económicos en el tiempo de vida útil del activo.

Tabla 2.3: Cálculo del financiamiento usando el Método de Amortización Progresiva. **Fuente:** Elaboración propia.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación de Intereses	Término de liquidación Total
1	1403,71	565,09	1968,80
2	1501,97	466,83	1968,80
3	1607,11	361,69	1968,80
4	1719,61	249,20	1968,80
5	1839,98	128,82	1968,80

El análisis de los indicadores económicos de la inversión de presentan en la **Tabla 2.4**, de estos resultados se obtiene lo que se representa en las **Figuras 2.1 y 2.2** donde se observa que el comportamiento del flujo de caja tiende al incremento antes del primer año de la inversión y en una pequeña medida luego de cumplir con los gastos financieros estabilizándose en el sexto año, así como el comportamiento del VAN para los diferentes perfiles, el que se obtendría sería al 12%.



Tabla 2.4: Cálculo de los indicadores económicos para un período de quince años. **Fuente:** Elaboración propia.

Conceptos	Años														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ingresos por ventas		77134	77134	77134	77134	77134	77134	77134	77134	77134	77134	77134	77134	77134	77134
Costos de Producción		1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810
Depreciación		484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37
Utilidad Marginal		75039,64	75039,64	75039,64	75039,64	75039,64	75039,64	75039,64	75039,64	75039,64	75039,64	75039,64	75039,64	75039,64	75039,64
Gastos Generales		14085	14085	14085	14085	14085	14085	14085	14085	14085	14085	14085	14085	14085	14085
Gastos financieros		1968,80	1968,80	1968,80	1968,80	1968,80									
Utilidad bruta		59005,83	59005,83	59005,83	59005,83	59005,83	60974,64	60974,64	60974,64	60974,64	60974,64	60974,64	60974,64	60974,64	60974,64
Impuestos sobre la renta (35 %)		20652,04	20652,04	20652,04	20652,04	20652,04	21341,12	21341,12	21341,1225	21341,1225	21341,1225	21341,1225	21341,1225	21341,1225	21341,1225
Utilidad neta		38353,79	38353,79	38353,79	38353,79	38353,79	39633,51	39633,51	39633,51	39633,51	39633,51	39633,51	39633,51	39633,51	39633,51
Depreciación		484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37	484,37
Flujo de caja		-6072,75	38838,15	38838,15	38838,15	38838,15	40117,88	40117,88	40117,88	40117,88	40117,88	40117,88	40117,88	40117,88	40117,88
Flujo de caja al descuento		-6072,75	34676,92	30861,54	27844,23	24882,95	22037,81	20334,07	18202,94	14486,01	12916,88	11532,93	10297,26	9193,66	8208,91

VAN	260 551,5
TIR	481%
IR	33,28
PRI promedio	0,20 años
PRI descontado	0,23 años



Figura 2.1: Comportamiento del flujo de caja en el período el tiempo estudiado. **Fuente:** Elaboración propia.

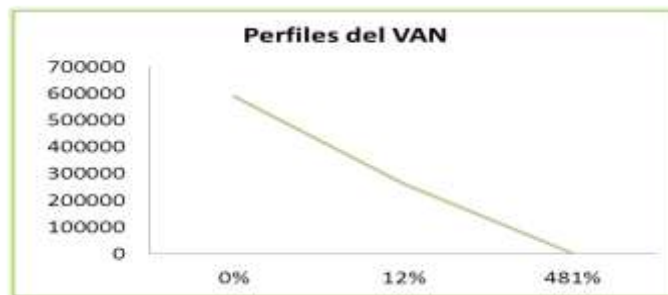


Figura 2.2: Perfiles del VAN con las distintas tasas. **Fuente:** Elaboración propia.

Luego del análisis realizado se comprueba que la inversión resulta atractiva en términos, al ser positivo el VAN y la TIR mayor que la tasa de interés. Teniendo un PRI promedio de 2,4 meses, así como un período de aproximadamente 3 meses (PRI descontado) de desembolso inicial a partir de los flujos de efectivos descontados al capital inicial al 12%. El índice de rentabilidad de la inversión (IR) es de 33,28, siendo esta la rentabilidad obtenida por cada peso invertido, corroborando la factibilidad económica. En la **Figuras 2.1 y 2.2** pudo observarse el comportamiento del flujo de efectivo en los años analizados así como el del VAN en las distintas tasas.



2.3 Factibilidad ambiental

Esta medida representa una importante mejora ambiental para la empresa pues:

- a) Reduce el vertimiento de 2 729 kg de residuales que contribuye a la disminución de la agresividad y volumen de los residuales a tratar.
- b) Evita el derrame de carga orgánica con un alto contenido de materias orgánicas y nutrientes a los residuales.
- c) Disminuye los impactos ambientales sobre ecosistemas que rodean a la entidad.
- d) Contribuye a lograr que las aguas residuales dispuestas al Arroyo Inglés se aproximen al cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles Promedio establecidos en la NC 27:2012.
- e) Disminuye el consumo del reagente químico hidrato de cal, usado para el control del pH en la planta de tratamiento de residuales, y con ello se desmaterializa el proceso.

Se logra además el cumplimiento de objetivos de la Ecología Industrial como lo son:

- a) Equilibrar la producción industrial y el desempeño económico de la empresa, disminuyendo las pérdidas de materias primas y agua ocasionadas por las paradas imprevistas de la planta y obteniendo ingresos de aproximadamente 77 134,0 CUP.
- b) Cuidar y preservar el medioambiente mediante la implementación de estrategias productivas sostenibles.
- c) Considerar lo que antiguamente se veía como un residuo como un subproducto que aporta beneficios a la empresa y a la sociedad.
- d) Cerrar el ciclo metabólico de materia, mediante el aprovechamiento de la carga orgánica como alimento animal.
- e) Evolucionar del sistema de producción actual (lineal o de Tipo I) hacia un sistema de cambio en la recuperación de recursos, más integral el funcionamiento de los sistemas industriales, donde los procesos de fabricación y ambientales se integran al menos parcialmente, es decir un sistema de retroalimentación y ciclos internos o de (Tipo II)

3. Estudio de factibilidad de la sustitución de las centrífugas por hidrociclones en la sección de refinación

3.1 Factibilidad técnica

Se propone la sustitución de las máquinas centrifugas del área por hidrociclones, no solo por ser una tecnología actual sino por el estado deficiente de las separadoras, las cuales trabajan fuera de parámetros, aspecto que fue demostrado en el análisis de las cartas de control. El sistema de lavado por hidrociclones es aplicable a la refinación de lavado a contra corriente, en operaciones multietápicas, para diferentes tipos de almidones, obtenidos a base de maíz,



proporciona una mayor eficiencia del proceso lo que hace que el rendimiento del equipo por tonelada de almidón purificado sea mayor que con las maquinas centrifugas.

Al ser la propuesta la sustitución de un activo por otro nuevo, se estima que desde el punto de vista técnico el mismo tenga una vida útil de 20 años o más, tomando este período de tiempo para la evaluación económica.

Tabla 3.1: Modelo de hidrociclón propuesto.

Modelo	Rango de capacidad de lavado en toneladas de DS de almidón refinado x Día
MOCL -99 -10/ 15 Tipo III	30 – 117

El cálculo de los parámetros del Hidrociclón se realiza con los datos, aportado por el fabricante, en la **Figura 3.1** se muestra el modelo de Hidrociclón que se propone instalar dentro de los tipos existentes por clasificación.



Figura 3.1: Hidrociclón tipo MOCL -99 -10/ 15. **Fuente:** (Sino_ Technology).

3.2 Factibilidad económica

El consumo y calidad de materia prima depende de una serie de factores como son: número de etapas de lavado, cantidad de agua de lavado usada, cantidad de impurezas después del lavado.

Una de las características principales de los hidrociclones está el amplio rango de capacidades de lavado en el equipo propuesto está en el orden de 30 a 117 toneladas de almidón refinado. En estos momentos la capacidad de refinación de almidón con las centrifugas está en el orden de las 46 toneladas de materia seca (DS) por 24 horas.

Consumo de agua: el agua requerida es de 2 t/t de DS de almidón refinado, en la actualidad se refinan 1,93 t/h de DS de almidón con un consumo de 10 000 litros (10 m³/h), el consumo del hidrociclón es de 2 m³/h, por lo que para esa misma cantidad de almidón refinado con hidrociclones se necesitarían 3 860 litros de agua.

**Tabla 3.2:** Consumo de agua para un total de 1288 h de trabajo.

Equipo	Consumo de agua anual (m ³)	Costo (CUP)	Ahorro anual (CUP)
Hidrociclón	4 971,68	1 491,5	2 372,5
Centrifuga	12 880	3 864	X

Consumo de energía eléctrica: el área de refinación es una de las de mayor consumo de energía eléctrica en la planta, con tres motores de alto consumo encargados de accionar las centrifugas, más las bombas de trasiego. Con la introducción de un sistema de hidrociclones el consumo disminuye notablemente ya que solo interviene el consumo de las bombas.

Tabla 3.3: Consumo de energía eléctrica para un total de 1288 h de trabajo.

Equipo	Consumo de energía (kWh)	Consumo anual (kWh)	Costo (CUP)	Ahorro anual CUP
Hidrociclón	90	115 920	28 980	24 794
Centrifuga	167	215 096	53 774	X

El costo de producción asociado a la producción con los hidrociclones se obtuvieron a partir de datos que se manejan en el Departamento de Economía de la empresa, donde se considera que teniendo en cuenta aspecto como costos directos e indirectos, salario, energía eléctrica, agua y otros rubros dicho costo es de aproximadamente 629 450CUP. Además el costo de la inversión se aproxima, teniendo en cuenta la mano de obra para la instalación de la batería de hidrociclones, su precio en el mercado y otros elementos, a 160000 CUC.

$$\text{Incremento de utilidades} = \text{Incremento de ingresos} + \text{Ahorro de recursos}$$

$$\text{Incremento de ingresos} = 785\,000 \text{ CUP}$$

$$\text{Ahorro de recursos} = \text{Ahorro de agua} + \text{Ahorro de energía eléctrica}$$

$$\text{Ahorro de recursos} = (2\,372,5 + 24\,794) = 27\,166.5 \text{ CUP}$$

$$\text{Incremento de utilidades} = (785\,000 + 27\,166.5) \text{ CUP} = 812\,166.5 \text{ CUP}$$

Los ingresos están dados por la venta del almidón refinado, según datos del Departamento de Economía oscilarán en los 785 000CUP.

Para determinar cómo se llevarán a cabo los gastos financieros se emplea el Método de Amortización Progresiva, resultando lo que se muestra en la **Tabla 3.4**.



Tabla 3.4: Cálculo del financiamiento usando el Método de Amortización Progresiva. **Fuente:** Elaboración propia.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación de Intereses	Término de liquidación Total
1	27821,25	11200,00	39021,25
2	29768,74	9252,51	39021,25
3	31852,55	7168,70	39021,25
4	34082,23	4939,02	39021,25
5	36467,98	2553,27	39021,25

En la **Tabla 3.5** se presentan los resultados de la proyección del VAN para los veinte años proyectados de vida útil del activo, de la misma se obtienen la representación que se presenta en las **Figuras 3.2 y 3.3** del comportamiento del flujo de caja el cual tiende al incremento luego del primer año de la inversión y cumplir con los gastos financieros donde el efectivo se mantiene constante, se muestran además los perfiles del VAN para las distintas tasas siendo el que se obtendría con la inversión al 12%.

Tabla 3.5: Cálculo de los indicadores económicos para un período de veinte años. **Fuente:** Elaboración propia.

	Años																				
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		812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5	812166,5
Costos de Producción		629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450	629450
Depreciación		9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600
Utilidad Marginal		173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5	173116,5
Gastos Generales		14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065
Gastos financieros		39021,25	39021,25	39021,25	39021,25	39021,25															
Utilidad bruta		120090,25	120090,25	120090,25	120090,25	120090,25	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50	159051,50
Impuestos sobre la renta (35 %)		42131,34	42131,34	42131,34	42131,34	42131,34	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03	55668,03
Utilidad neta		78019,66	78019,66	78019,66	78019,66	78019,66	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48	103383,48
Depreciación		9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600
Flujo de caja	-190000	87919,66	87919,66	87919,66	87919,66	87919,66	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48	112983,48
Flujo de caja al descuento	-190000	78291,84	69949,36	62365,35	55983,89	49717,35	57240,64	51187,69	45932,13	40742,97	35377,86	30480,05	25900,64	21682,90	17718,66	13941,66	10436,05	7165,40	4192,32	1318,15	11712,83

VAN	592 492,83
TIR	56%
IR	4,7
PRI promedio	1,5 años
PRI descontado	2,05 años

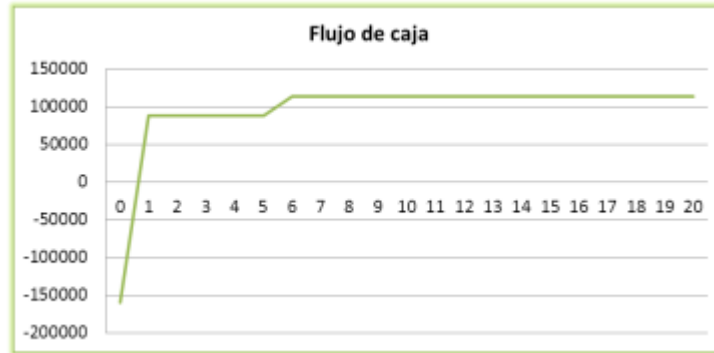


Figura 3.2: Comportamiento del flujo de caja en el período el tiempo estudiado. **Fuente:** Elaboración propia.

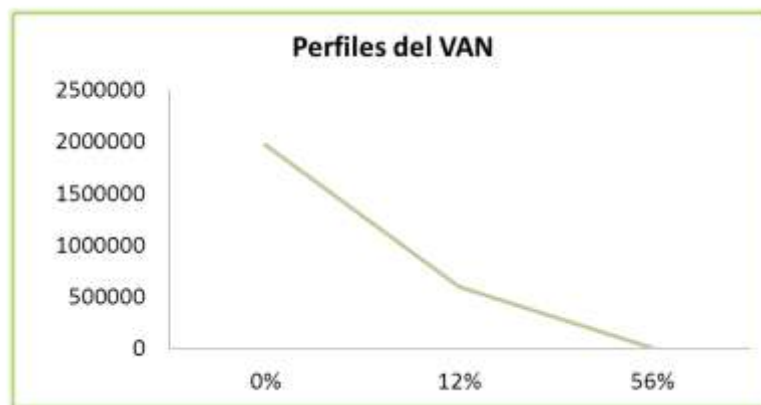


Figura 2.2: Perfiles del VAN con las distintas tasas. **Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede observar en ambas tablas se comprueba que la inversión resulta atractiva económicamente al ser positivo el VAN y la TIR ser mayor que la tasa de interés. Teniendo un PRI promedio de 1 año y 6 meses, así como un período de aproximadamente 2 años y 1 mes (PRI descontado) de desembolso inicial a partir de los flujos de efectivos descontados al capital inicial al 12%. La rentabilidad esperada para la inversión es de 4,7 siendo este el retorno que se obtendría por cada peso invertido corroborando el atractivo de la misma.

3.3 Factibilidad ambiental

Esta mejora supone factibilidad ambiental para la empresa, ya que por sus características tecnológicas ofrece menor consumo de recursos como: el agua y la energía eléctrica, con una disminución de 7 908,32 m³ y 99,176 MWh respectivamente, lo cual implica una disminución en la Huella Ecológica Corporativa e Hídrica de la producción de almidón, por tanto la producción se hace más sostenible. Disminuye el consumo de recursos no renovables, cuya utilización provoca emisiones a la atmósfera de un gas que deteriora la Capa de Ozono, el CO₂. Con esta medida se contribuye al logro de las metas propuestas por la Ecología Industrial, mediante la



introducción de tecnologías en el proceso para disminuir el uso de recursos y la consecuente generación de residuos.

4. Estudio de factibilidad de la concentración del licor de remojo

Con esta solución técnica se puede utilizar de forma alternativa el evaporador existente en la empresa y que actualmente se encuentra trabajando en la producción de VIMANG, producto que se macera y concentra para ser utilizado como materia prima en la elaboración de medicamentos para consumo humano, el tiempo de duración de este proceso es aproximadamente de 12 horas al día. Si se tiene en cuenta que el proceso de maceración de maíz es de 60 horas como mínimo, el licor de remojo puede ser almacenado en un tanque para su posterior evaporación cada 3 días, es precisamente esta la propuesta que se realiza y se evalúa su factibilidad seguidamente.

4.1 Factibilidad técnica

En esta inversión se realiza una revalorización del activo, instalando además otros dispositivos, por lo que se proyecta una vida útil desde el punto de vista técnico de 15 años.

Tabla 4.1: Características técnicas de la instalación.

Equipos	Dimensiones características	Material de construcción	Gastos(CUP)
Tanque	Cap. 25 m ³	Acero inoxidable	9900,0
Bomba centrífuga	ANSI- STEGE 220/440 V		5300,0
Tuberías	L = 35 m,D = 1 pulg.		315,0
2Válvulas	D = 1 pulg.		400,0
Total			15 915,0

Para lo cual se necesitan trabajar una brigada compuesta por:

Tabla 4.2: Mano de obra necesaria.

Integrantes	Cantidad	Salario(CUP)	Gasto en salario
Mecánico B (6 días)	1	285.0	130,00
Pailero B(6 días)	2	260.0	71,25
Soldador B (2 días)	1	255.0	21,25
Total			222,5

4.2 Factibilidad económica

Para la obtención de los datos de costo de producción y gastos generales se toma en cuenta los indicadores económicos que se necesitan para producir 1t del producto.

**Tabla 4.3:** Costos de producción del proceso de concentración de licor de remojo.

Concepto	Unidad	Valor	Costo CUP/1t de producto	Costo Total CUP/año
Materias Primas				109 950, 75
Licor de remojo	t de licor de remojo/año	924,490	0	0
Vapor	L de fuel oil/año	35 688,33	0,65 CUP/litros de fuel oil	23 197,5
Electricidad	kW-h/año	4 052	0, 25 CUP/kWh	1013
Total				34 416,25

- El licor de remojo concentrado es el subproducto a obtener, como la cantidad producida en el año se derrama a residuales no tiene precio, por lo que su costo es 0.
- La instalación consume 2660 kg de vapor/h, para producir 12000 kg de vapor/h, se consumen 600 L de fuel oil /h por lo que el consumo es de 133 L de fuel oil/h. Si se tiene en cuenta que el evaporador trabaja 5 horas al día entonces se necesitan 155 610 L de fuel oil/año
- La instalación tiene un consumo de 15,1 kWh/hora, por lo que en 5 horas de trabajo entonces consume 4 052 kWh/año
- Para concentrar el licor de remojo a 50 °Bx esta etapa trabaja 5 horas al día
- No se toma en cuenta el gasto por mano de obra ya que en esta operación actualmente trabaja un operario, lo que en la concentración de VIMANG, por lo tanto ya este gasto se toma en cuenta.

Tabla 4.4: Otros gastos.

Producto	Cantidad	Precio	Total CUP
Agua para desinfección (m ³ /año)	11 583	0,30 CUP/m ³	3 474,9
Hidróxido de Sodio (kg/ año)	11 583	0,69 CUP/kg	7 992,27
Total			11 467,17

- Para determinar el consumo de agua se toma en consideración el flujo necesario para la desinfección que es de 9 m³/h y se le adiciona un 10 % por perdidas en el lavado de los tanques, si la limpieza se realiza a diario, se tiene que el gasto de agua es de 3 861 m³/año.
- Para la desinfección se utiliza Hidróxido de Sodio y se necesitan 1 kg/m³ de agua.

Costo total de la inversión = Gastos en materiales + Otros gastos

Costo total de la inversión = 15 915,0 + 11 467,17 = 27 382,17 CUP

Incremento de utilidades = Incremento de ingresos + Ahorro de recursos

Incremento de ingresos = 33 197.66 CUP



El licor de remojo concentrado tiene un valor 33 197.66CUP, según los resultados del balance de residuos líquidos.

Incremento de utilidades = 33 197.66 CUP

Para la determinación de los gastos financieros se emplea el Método de Amortización Progresiva, del cual se presentan los resultados en la **Tabla 4.5**. Además en la **Tabla 4.6** se exponen los resultados de los indicadores

Tabla 4.5: Cálculo del financiamiento usando el Método de Amortización Progresiva. **Fuente:** Elaboración propia.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación de Intereses	Término de liquidación Total
1	4761,37	1916,79	6678,16
2	5094,67	1583,49	6678,16
3	5451,30	1226,86	6678,16
4	5832,89	845,27	6678,16
5	6241,19	436,97	6678,16

Tabla 4.6: Cálculo de los indicadores económicos para un período de quince años. **Fuente:** Elaboración propia.

Conceptos	Años														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ingresos por ventas		33197,66	33197,66	33197,66	33197,66	33197,66	33197,66	33197,66	33197,66	33197,66	33197,66	33197,66	33197,66	33197,66	33197,66
Costos de Producción		34416,26	34416,26	34416,26	34416,26	34416,26	34416,26	34416,26	34416,26	34416,26	34416,26	34416,26	34416,26	34416,26	34416,26
Depreciación		1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96
Utilidad Marginal		2861,5596	2861,5596	2861,5596	2861,5596	2861,5596	2861,5596	2861,5596	2861,5596	2861,5596	2861,5596	2861,5596	2861,5596	2861,5596	2861,5596
Gastos Generales		14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065	14065
Gastos financieros		6678,16	6678,16	6678,16	6678,16	6678,16									
Utilidad bruta		-23604,72	-23604,72	-23604,72	-23604,72	-23604,72	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56
Impuestos sobre la renta (35 %)															
Utilidad neta		-23604,72	-23604,72	-23604,72	-23604,72	-23604,72	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56	-16926,56
Depreciación		1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96	1642,96
Flujo de caja		-27382,66	-21961,76	-21961,76	-21961,76	-21961,76	-15283,60	-15283,60	-15283,60	-15283,60	-15283,60	-15283,60	-15283,60	-15283,60	-15283,60
Flujo de caja al descuento		-27382,66	-19608,7	-17507,78	-15631,95	-13957,10	-12461,89	-7743,15	-6913,52	-6172,79	-5511,42	-4920,91	-4393,67	-3922,92	-3502,61

VAN	-155 550,46
TIR	-
IR	-
PRI promedio	-
PRI descontado	-

Como se puede observar la inversión no resulta ser atractiva económicamente al ser negativo el VAN y por tanto no se tiene TIR ni período de recuperación de la inversión. Además según las



Figuras 4.1 y 4.2 el comportamiento del flujo de caja tiende al decrecimiento, mostrando además una TIR de 0% para la inversión. Las causas de no ser factible la propuesta se debe al bajo valor del licor de remojo (529,99CUP/t), comparado con el costo de su producción.



Figura 4.1: Comportamiento del flujo de caja en el período el tiempo estudiado. **Fuente:** Elaboración propia.



Figura 4.2: Perfiles del VAN con las distintas tasas. **Fuente:** Elaboración propia.

4.3 Factibilidad ambiental

Esta medida, a pesar de no ser atractiva económicamente para la empresa, si repercute positivamente en la mejora de su desempeño ambiental, ya que:

- Mejora la agresividad y volumen de los residuales a tratar.
- Evita la generación de mayor carga orgánica con un alto contenido de materias orgánicas y nutrientes, a los residuales.
- Disminuye los impactos ambientales y malos olores sobre los ecosistemas que rodean a la organización.
- Contribuye a lograr que las aguas residuales dispuestas al Arroyo Inglés se aproximen al cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles Promedio establecidos en la NC 27:2012.
- Reduce el consumo del reagente químico hidrato de cal, usado para el control del pH en la planta de tratamiento de residuales, y con ello se desmaterializa el proceso.



- f) Provoca un decrecimiento de parámetros controlables en las aguas residuales como DBO_5 ya que, por concepto del vertimiento de este residuo a la planta de tratamiento de residuales, actualmente se generan 27 820,8 kg $\text{DBO}_5/\text{año}$

Se logra además el cumplimiento de objetivos de la Ecología Industrial como lo son:

- a) Equilibrar la producción industrial y el desempeño económico de la empresa, a la vez que se diversifican sus producciones y se logran ingresos contabilizados en aproximadamente 33 197,66 CUP.
- b) Cuidar y preservar el medioambiente mediante la implementación de estrategias productivas sostenibles.
- c) Considerar lo que antiguamente se veía como un residuo como un subproducto que aporta beneficios a la empresa y a la sociedad.
- d) Cerrar el ciclo metabólico de materia, mediante el aprovechamiento del licor concentrado en diversas ramas del sector industrial, así como el fortalecimiento del forraje para el alimento animal.
- e) Evolucionar del sistema de producción actual (lineal o de Tipo I) hacia un sistema de cambio en la recuperación de recursos, más integral el funcionamiento de los sistemas industriales, donde los procesos de fabricación y ambientales se integran al menos parcialmente, es decir un sistema de retroalimentación y ciclos internos o de (Tipo II)

5. Estudio de factibilidad de la reparación del intercambiador de calor

5.1 Factibilidad Técnica

El intercambiador de calor es un equipo determinante para la producción de almidón consta de tres paneles de intercambio para el calentamiento del aire de secado, los cuales, producto del paso del tiempo y su explotación, se han perforando y por ende perdiendo capacidad de trabajo, llegando a perder aproximadamente el 35 % del área de transferencia de calor, lo cual provoca que disminuya significativamente la capacidad productiva del secador en 5 t/día. Con esta reparación se lograría recuperar la capacidad de intercambio del secador la cual es de 195 litros de agua, lo cual permite trabajar el filtro a mayor capacidad. En esta propuesta se proyecta, teniendo en cuenta el punto de vista técnico de la revalorización del activo, una vida útil de aproximadamente 5 años.

5.2 Factibilidad Económica

Para acometer este trabajo se necesitan contratar los servicios de una entidad especializada, denominada COMELEC y según estudios realizados por especialistas y técnicos de esa



empresa la reparación del equipo poniendo ellos la mano de obra y materiales costaría 9 132CUP.

El beneficio económico de esta propuesta está dado por el aumento de la productividad del secador de almidón con su consecuente ahorro de energía eléctrica y vapor por tonelada de almidón seco. El incremento de los ingresos en 5 $t_{\text{almidón}}/\text{día}$ (0,208 $t_{\text{almidón}}/\text{h}$), donde el precio del almidón es de 1881,90CUP/t, lo que equivale a 9 409,5CUP.

Considerando que la producción real para el año fue de 1311,355 t de almidón y se produjeron en 1288 h, al aumentar la productividad se hubieran necesitados 218 horas menos para cumplirlo. Dado que el consumo eléctrico es de 82,43 kWh el ahorro por concepto de consumo de energía eléctrica resulta como se muestra a continuación:

$$82.43 \text{ kWh} \times 1288 \text{ h} = 106\,169.84 \text{ kWh} \times 0.25 \text{ CUP/h} = 26\,542.5 \text{ CUP}$$

$$82.43 \text{ kWh} \times 1070 \text{ h} = 88\,200.1 \text{ kWh} \times 0.25 \text{ CUP/h} = 22\,050.025 \text{ CUP}$$

Según los datos tecnológicos se consumen 3,70 $t_{\text{vapor}}/t_{\text{almidón seco}}$, pero actualmente debido a las deficiencias tecnológicas del intercambiador el consumo es de 3,90 $t_{\text{vapor}}/t_{\text{almidón seco}}$; con la propuesta se puede ajustar para que el consumo sea tal y como fue diseñado. El consumo y ahorro de fuel oil se determina a continuación:

$$\frac{50 L_{\text{fuel oil}}}{t_{\text{vapor}}} \times \frac{3.9 t_{\text{vapor}}}{t_{\text{almidón}}} \times \frac{1\,311.355 t_{\text{almidón}}}{\text{año}} = 255\,714.2 L_{\text{fuel oil}} \times 0.10034 \text{ CUP} / L_{\text{fuel oil}} \\ = 25\,658.4 \text{ CUP}$$

$$\frac{50 L_{\text{fuel oil}}}{t_{\text{vapor}}} \times \frac{3.7 t_{\text{vapor}}}{t_{\text{almidón}}} \times \frac{1\,311.355 t_{\text{almidón}}}{\text{año}} = 242\,600.7 L_{\text{fuel oil}} \times 0.10034 \text{ CUP} / L_{\text{fuel oil}} \\ = 24\,342.5 \text{ CUP}$$

Teniendo en cuenta que el precio del fuel oil es de 100.34 CUP/t entonces por litro el precio es de 0.10034 CUP.

Con la propuesta se ahorran 17 969.74 kWh con un valor de 4 492.5 CUP y 8 523L (8,523 t) de fuel oil con un valor de 1 315.9CUP.

$$\text{Ahorro de recursos} = 4\,492.5 + 1\,315.9 = 5\,808.4 \text{ CUP}$$

$$\text{Costo total de la inversión} = \text{Gastos en materiales} + \text{Otros gastos} = 9\,132 \text{ CUP}$$

$$\text{Incremento de utilidades} = \text{Incremento de ingresos} + \text{Ahorro de recursos}$$

$$\text{Incremento de utilidades} = 9\,409.5 + 5\,808.4 = 15\,217.9 \text{ CUP}$$

Para obtener los datos de cómo se tendrán los gastos financieros se aplica el Método de Amortización Progresiva, los resultados del mismo se expone en la **Tabla 5.1**, también en la **Tabla 5.2** se presentan los resultados de llevar a cabo una proyección de los indicadores económicos en un período de 5 años.



Tabla 5.1: Cálculo del financiamiento usando el Método de Amortización Progresiva. **Fuente:** Elaboración propia.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación de Intereses	Término de liquidación Total
1	1587,90	639,24	2227,14
2	1699,05	528,09	2227,14
3	1817,98	409,15	2227,14
4	1945,24	281,89	2227,14
5	2081,41	145,73	2227,14

Tabla 5.2: Cálculo de los indicadores económicos para un período de cinco años. **Fuente:** Elaboración propia.

	Años					
Conceptos	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ventas		15217,9	15217,9	15217,9	15217,9	15217,9
Costos de Producción						
Depreciación		547,92	547,92	547,92	547,92	547,92
Utilidad Marginal		14669,98	14669,98	14669,98	14669,98	14669,98
Gastos Generales						
Gastos financieros		2227,14	2227,14	2227,14	2227,14	2227,14
Utilidad bruta		12442,84	12442,84	12442,84	12442,84	12442,84
Impuestos sobre la renta (35 %)		4354,99	4354,99	4354,99	4354,99	4354,99
Utilidad neta		8087,85	8087,85	8087,85	8087,85	8087,85
Depreciación		547,92	547,92	547,92	547,92	547,92
Flujo de caja	-9132	8635,77	8635,77	8635,77	8635,77	8635,77
Flujo de caja al descontado	-9132	7710,51	6884,38	6146,77	5488,19	4900,17
VAN		21 998,01				
TIR		91%				
IR		3,41				
PRI promedio		1,06 años				
PRI descontado		1,18 años				



Figura 5.1: Comportamiento del flujo de caja en el período el tiempo estudiado. **Fuente:** Elaboración propia.

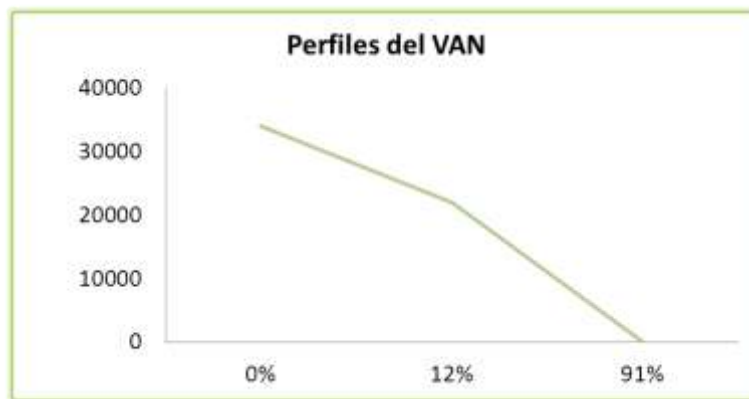


Figura 5.2: Perfiles del VAN con las distintas tasas. **Fuente:** Elaboración propia.

Posterior a los análisis realizados anteriormente se evidencia la factibilidad económica de la propuesta con un VAN positivo y la TIR ser mayor que la tasa de interés. Teniendo un PRI promedio de 1 año y 1 mes, así como un período de aproximadamente 1 año y 2 meses (PRI descontado) de desembolso inicial a partir de los flujos de efectivos descontados al capital inicial al 12%. El índice de rentabilidad de la inversión es del 3,41 corroborando esto el atractivo de la inversión. Además según las **Figuras 5.1** y **5.2** el comportamiento del flujo de caja tiende al incremento antes del primer año de la inversión y cumplir con los gastos financieros donde el efectivo se mantiene constante, además se muestran los perfiles del VAN para las distintas tasas donde se muestra el valor del mismo con la tasa del 12% que es que se obtendría si se implantara la propuesta.

5.3 Factibilidad Ambiental

La mejora ambiental que supone esta propuesta radica en la disminución del consumo de energía eléctrica y fuel oil en 17 969,74 kWh y 8 523L (8,523 t) respectivamente, lo que repercute económicamente en un ahorro de 10 033,0 CUP. La disminución de estos consumos favorece además a la depreciación de las emisiones de CO₂ por la quema de combustibles, así



como la sub-Huella Energía y por tanto la Huella Ecológica de la producción del almidón. Por tanto dicha mejora contribuye a que la producción se aproxime a la sostenibilidad, siendo este uno de los pilares de la Ecología Industrial. Además contribuye a la disminución del consumo de recursos no renovables, y es una mejora que se encamina hacia la eficiencia energética.

6. Estudio de factibilidad de completar el aislamiento térmico faltante en las instalaciones y tuberías

6.1 Factibilidad Técnica

Para la recuperación de la protección térmica se tienen en cuenta los datos obtenidos por el energético de la empresa, donde se tiene que faltan 85m de tubería por insular. Para el análisis de esta medida se proyecta una prolongación del período de vida útil del aislamiento de 5 años.

6.2 Factibilidad Económica

Según los especialistas en la materia dentro del contrato de precio aprobado, se consideran 25,22CUP /m de tubería, por tanto el costo asociado es de 2143,7CUP.

Costo total de la inversión = Gastos en materiales + Gastos en salario

Costo total de la inversión = 2 143,7CUP

Incremento de utilidades = Incremento de ingresos + Ahorro de recursos

Incremento de ingresos = 0

Ahorro de recursos = Ahorro de combustible = 8 841,92

Dado que se sobre consumieron en el año, por concepto de generación de vapor, 88,12 t de fuel oil con un costo de 100,34CUP/t, se incurrieron en 8841,92 CUP de gastos por este concepto.

Incremento de utilidades = 8 841,92CUP

Para determinar los gastos financieros se utiliza el Método de Amortización Progresiva resultando lo que se expone en la **Tabla 6.1**, además en la **Tabla 6.2** se exponen los resultados de los indicadores económicos de la inversión para los 5 años de vida útil del aislamiento.

Tabla 6.1: Cálculo del financiamiento usando el Método de Amortización Progresiva. **Fuente:** Elaboración propia.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación de Intereses	Término de liquidación Total
1	372,75	150,06	522,81
2	398,85	123,97	522,81
3	426,76	96,05	522,81



4	456,64	66,17	522,81
5	488,60	34,21	522,81

Tabla 6.2: Cálculo de los indicadores económicos para un período de cinco años. **Fuente:** Elaboración propia.

Conceptos	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ahorro de combustible		8841,92	8841,92	8841,92	8841,92	8841,92
Costos de Producción						
Depreciación		128,622	128,622	128,622	128,622	128,622
Utilidad Marginal		8713,298	8713,298	8713,298	8713,298	8713,298
Gastos Generales						
Gastos financieros		522,81	522,81	522,81	522,81	522,81
Utilidad bruta		8190,49	8190,49	8190,49	8190,49	8190,49
Impuestos sobre la renta (35 %)		2866,67	2866,67	2866,67	2866,67	2866,67
Utilidad neta		5323,82	5323,82	5323,82	5323,82	5323,82
Depreciación		128,622	128,622	128,622	128,622	128,622
Flujo de caja	-2143,7	5452,44	5452,44	5452,44	5452,44	5452,44
Flujo de caja al descontado	-2143,7	4868,25	4346,65	3880,94	3465,12	3093,86
VAN	17 511,12					
TIR	254%					
IR	9,17					
PRI promedio	0,39 años					
PRI descontado	0,44 años					

Con los resultados obtenidos se puede representar el comportamiento de los flujos de efectivo, lo cual se puede observar en la **Figura 6.1**, así como los perfiles que tiene el VAN para las diferentes tasas representado en la **Figura 6.2**.



Figura 6.1: Comportamiento del flujo de caja en el período el tiempo estudiado. **Fuente:** Elaboración propia.

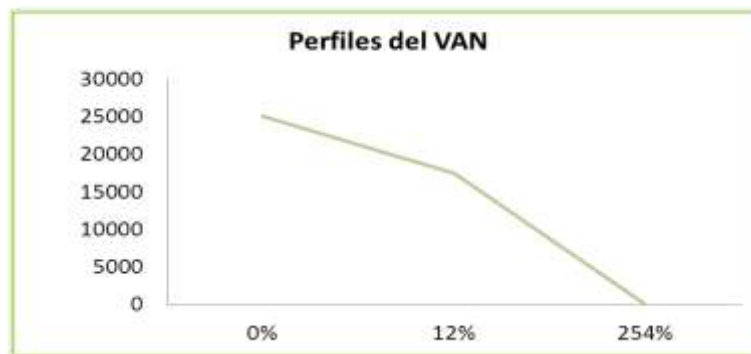


Figura 6.2: Perfiles del VAN con las distintas tasas. **Fuente:** Elaboración propia.

Luego de realizar los correspondientes análisis se puede concluir que la propuesta es factible económicamente, ya que el flujo de caja crece en el período analizado, así como la TIR es mayor que la Tasa de Interés con un VAN positivo y un índice de rentabilidad de 9,17 que confirma el atractivo de la propuesta. Se tiene además un PRI promedio de 5 meses, así como un período de aproximadamente 5,3 meses (PRI descontado) de desembolso inicial a partir de los flujos de efectivos descontados al capital inicial al 12%.

6.3 Factibilidad Ambiental

La repercusión ambiental que tiene esta mejora de eficiencia energética se centra en la disminución del consumo de fuel oil en 88,12 t, lo cual trae consigo efectos tales como:

- Deterioro de las emisiones de CO_2 por la quema de combustibles, así como la sub-Huella Energía y por tanto la Huella Ecológica Corporativa de la producción del almidón.
- Contribuye a que la producción se aproxime a la sostenibilidad, siendo este uno de los cimientos de la Ecología Industrial.
- Reduce el consumo de recursos no renovables.



7. Estudio de factibilidad de la reparación de transportadores y zarandas de la sección de limpieza de maíz

7.1 Factibilidad técnica

La propuesta que se analiza a continuación tiene una proyección de vida útil desde el punto de vista técnico de 5 años. Por lo que se propone solicitar los servicios de COMELEC, una empresa que se dedica a realizar estos trabajos. Dicha reparación se enmarca en la reposición y reparación de piezas y partes de dichas maquinas que se encuentran defectuosas y trae consigo el mal funcionamiento de estas, así como la consiguiente pérdida de maíz.

Para la reparación de los transportadores se necesitan materiales como: chapa, cadenas y otros útiles, los costos asociados a la compra de estos, así como los costos de mano de obra para el trabajo de 15 días, según la factura emitida por dicha empresa son 15 000.

Para la reparación de las zarandas se necesita:

-  2 mallas de 2x2m con un precio en total de 3 000CUP
-  2 tamices con un precio en total de 3 200CUP
-  1 vibrador con un precio de 2 500 CUP

Se necesitan además cinco días de trabajo con una mano de obra según se detalla en la **Tabla 7.1**.

Tabla 7.1: Mano de obra.

Integrantes	Cantidad	Salario (CUP)	Gasto en salario (CUP)
Especialista mecánico	1	400,0	83,33
Ayudante mecánico	1	265, 0	55,21
Pailero soldador	1	255,0	53,125
Total	3		191,665

7.2 Factibilidad Económica

Costo total de la inversión = Gastos en materiales + Gastos en salario

Costo total de la inversión = 15 000 + 8 891,65 = 23 891,65 CUP

Incremento de utilidades = Incremento de ingresos + Ahorro de recursos

Incremento de ingresos = Recuperación de maíz = 195 890,4CUP

Ahorro de recursos = 0

Dado que en año se derramaron en la sección de limpieza 253 688,316 kg de maíz, con la recuperación de esta cantidad se obtendrían 232 124,81 kg de maíz limpio y según la norma de consumo planificada para la producción de almidón ($2,23 \text{ t}_{\text{maíz}}/\text{t}_{\text{almidón}}$) se logra producir 104,1 t de almidón, y con el precio del mismo de 1881,9CUP /t, supone ingresos de 195 890.4CUP.



Incremento de utilidades = 195 890.4CUP

Cálculo para determinar los costos de producción: El consumo eléctrico de estos equipos está determinado por la existencia de 4 motores en los mismos, cuyo consumo de dos de ellos es de 10kW y los otros dos de 8.7kW, el costo asociado resulta:

$$\begin{aligned}\text{Costo de producción} &= (2 \times 10 \text{ kW} + 2 \times 8.7 \text{ kW}) = 37.4 \text{ kW} \times 1\,288 \text{ h} \\ &= 48\,171.2 \text{ kWh} \times 0.25 \text{ CUP/kWh} = 12\,042.8 \text{ CUP}\end{aligned}$$

Resulta necesario determinar los gastos financieros, para ello se emplea el Método de Amortización Progresiva, resultando lo que se muestra en la **Tabla 7.2**, además se presentan en la **Tabla 7.3** los resultados de los indicadores económicos para el período de vida útil del activo.

Tabla 7.2: Cálculo del financiamiento usando el Método de Amortización Progresiva. **Fuente:** Elaboración propia.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación de Intereses	Término de liquidación Total
1	4154,35	1672,42	5826,76
2	4445,15	1381,61	5826,76
3	4756,31	1070,45	5826,76
4	5089,25	737,51	5826,76
5	5445,50	381,26	5826,76

Tabla 7.3: Cálculo de los indicadores económicos para un período de cinco años. **Fuente:** Elaboración propia

Conceptos	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ventas		195890,4	195890,4	195890,4	195890,4	195890,4
Costos de Producción		12042,8	12042,8	12042,8	12042,8	12042,8
Depreciación		1433,50	1433,50	1433,50	1433,50	1433,50
Utilidad Marginal		182414,101	182414,101	182414,101	182414,101	182414,101
Gastos Generales						
Gastos financieros		5826,76	5826,76	5826,76	5826,76	5826,76
Utilidad bruta		176587,34	176587,34	176587,34	176587,34	176587,34
Impuestos sobre		61805,57	61805,57	61805,57	61805,57	61805,57



la renta (35 %)						
Utilidad neta		114781,77	114781,77	114781,77	114781,77	114781,77
Depreciación		1433,50	1433,50	1433,50	1433,50	1433,50
Flujo de caja	-23891,65	116215,27	116215,27	116215,27	116215,27	116215,27
Flujo de caja al descontado	-23891,65	103763,63	92646,10	82719,73	73856,90	65943,66
VAN	395 038,39					
TIR	486%					
IR	17,53					
PRI promedio	0,21 años					
PRI descontado	0,23 años					

Luego de la obtención de estos indicadores se pudo graficar el comportamiento del flujo de efectivo, lo cual se representa en la **Figura 7.1**, el cual tiende al incremento antes del primer año de la inversión, así como en la **Figura 7.2** se representan los diferentes perfiles que puede tener el VAN con varias tasas, siendo el que se obtendría de implantar la propuesta el del 12%.

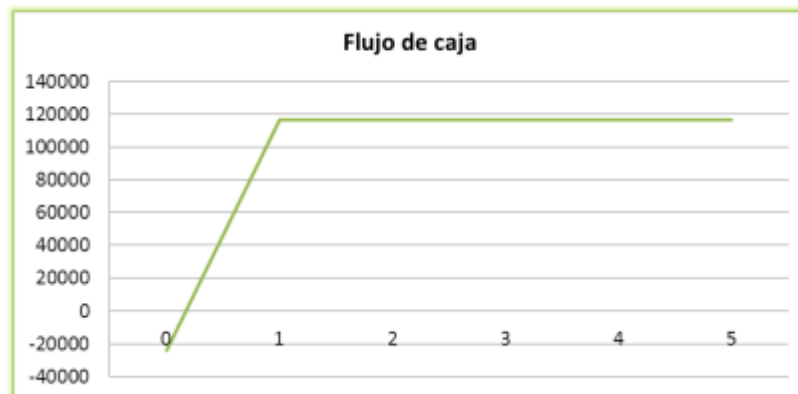


Figura 7.1: Comportamiento del flujo de caja en el período el tiempo estudiado. **Fuente:** Elaboración propia.

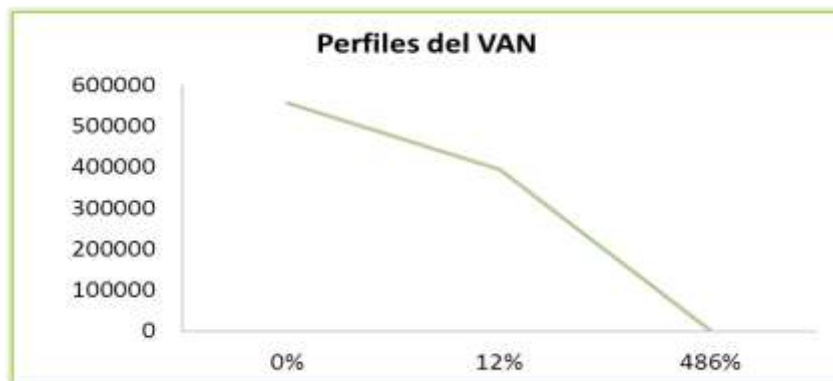


Figura 7.2: Perfiles del VAN con las distintas tasas. **Fuente:** Elaboración propia.



Luego de realizar los correspondientes análisis se puede concluir que la propuesta es factible económicamente, ya que el flujo de caja crece en el período analizado, así como la TIR es mayor que la Tasa de Interés con un VAN positivo y un índice de rentabilidad de 17,53 que confirma el atractivo de la propuesta. Se tiene además un PRI promedio de 2,5 meses, así como un período de aproximadamente 3 meses (PRI descontado) de desembolso inicial a partir de los flujos de efectivos descontados al capital inicial al 12%.

7.3 Factibilidad Ambiental

La mejora ambiental que esta mejora brinda para la empresa radica en:

- a) Logra un equilibrio entre la producción industrial y el desempeño económico de la empresa, disminuyendo las pérdidas de la materia prima fundamental (maíz), ocasionadas por las deficiencias tecnológicas, lo que repercute en la recuperación de 253 688,316 kg que representa una producción de 104,1 t de almidón, lo que supone ingresos de 195 910,1 CUP.
- b) Cuida y preserva el medioambiente, mediante la implementación de estrategias productivas sostenibles.
- c) Considera lo que antiguamente se veía como un residuo como materia prima que aporta beneficios a la empresa.
- d) Evolucionar del sistema de producción actual (lineal o de Tipo I) hacia un sistema de cambio en la recuperación de recursos, más integral el funcionamiento de los sistemas industriales, donde los procesos de fabricación y ambientales se integran al menos parcialmente, es decir un sistema de retroalimentación y ciclos internos o de (Tipo II)

8. Estudio de factibilidad de la recuperación del agua derramada en el área del quemador de azufre

8.1 Factibilidad técnica

La propuesta tiene una proyección de su vida útil desde el punto de vista técnico de aproximadamente 3 años, ya que la misma estará expuesta a condiciones adversas, afectada por la corrosión y el desgaste provocado por el efecto del dióxido de azufre, el azufre sólido y el agua sulfurosa condiciones existentes en el área donde se ubicará la instalación.

La recuperación del agua se realizará mediante un sistema de recuperación (tanque recolector). Con la propuesta se pretende la recuperación y reutilización del agua derramada en el enfriamiento del quemador.

Para este análisis se tienen en cuenta los equipos que se deben instalar, así como la mano de obra necesaria para realizar la inversión en la **Tabla 8.1** y **8.2**, se resumen estos aspectos.

**Tabla 8.1:** Características técnicas de la instalación.

Equipos	Dimensiones características	Material de construcción	Gastos (CUC)
Motor de la bomba recuperada	“ VIDA – 3” 220/440 V	Acero inoxidable	33,00
413kg de plancha de 5 mm de espesor para la construcción del tanque	Capacidad 3 m ³		213,8
Tuberías	L = 20 m,D = 1 pulg.		35,00
2 Válvulas de bola	D = 1 pulg.		5,30
Total			287.1

Para lo cual se necesitan trabajar una brigada compuesta por:

Tabla 8.2: Mano de obra

Integrantes	Cantidad	SalarioCUP	Gasto en salario CUP
MecánicoB (3 días)	1	285.0	25,6
Pailero B(3 días)	1	260.0	24,00
Soldador B (2 días)	1	255.0	21,25
Total			70,85

8.2 Factibilidad económica

Para la obtención de los datos de costo de producción y gastos generales se toma en consideración los indicadores económicos que se necesitan para recuperar esta agua. En la **Tabla 8.3** se resumen los costos de producción de este proceso.

Tabla 8.3: Resumen de los Costos de producción

Concepto	Unidad	Valor	Costo CUP/kWh	Costo Total CUP/año
Electricidad (consumo de la bomba)	kWh/año	1 325	0,25	331.25

NOTA: No se considera un gasto adicional por mano de obra, ya que operario que trabaja en esta área será el encargado del control la instalación.

Costo total de la inversión = Gastos en materiales + Gastos en salario

Costo total de la inversión = 287.1 + 70,85 = 357.95 CUP

Costo de producción = Gastos en electricidad = 331.25 CUP

Incremento de utilidades = Incremento de ingresos + Ahorro de recursos

Incremento de ingresos = 0

Ahorro de recursos = Ahorro de agua = 77,3 CUP



Según el balance realizado se determina que se derramaron en esta área en el año 2012 257,66 m³, lo que repercute en un gasto de 77,3 CUP.

En la **Tabla 8.4** se presentan los resultados de llevar a cabo la proyección de los indicadores económicos para el período de vida útil del activo, el que se proyecta para tres años; para ello fue necesario considerar los gastos financieros determinándose los mismos a partir del Método de Amortización Progresiva y resultando lo que se expone en la **Tabla 8.5**. Con los resultados obtenidos se puede representar gráficamente el comportamiento de los flujos de efectivo, lo cual se puede observar en la **Figura 8.1**, así como en la **Figura 8.2** puede observar los diferentes perfiles del VAN para distintas tasas.

Tabla 8.4: Cálculo de los indicadores económicos para un período de tres años. **Fuente:** Elaboración propia

Conceptos	Años			
	0	1	2	3
Ahorro de agua		77,3	77,3	77,3
Costos de Producción		481,25	481,25	481,25
Depreciación		1433,50	1433,50	1433,50
Utilidad Marginal		-1837,449	-1837,449	-1837,449
Gastos Generales				
Gastos financieros		5826,76	5826,76	5826,76
Utilidad bruta		-7664,21	-7664,21	-7664,21
Impuestos sobre la renta (35 %)				
Utilidad neta		-7664,21	-7664,21	-7664,21
Depreciación		1433,50	1433,50	1433,50
Flujo de caja	-23891,65	-6230,71	-6230,71	-6230,71
Flujo de caja al descontado	-23891,65	-5563,14	-4967,09	-4434,90
VAN		-38 856,77		

Tabla 8.5: Cálculo del financiamiento usando el Método de Amortización Progresiva. **Fuente:** Elaboración propia.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación de Intereses	Término de liquidación Total
1	4154,35	1672,42	5826,76
2	4445,15	1381,61	5826,76
3	4756,31	1070,45	5826,76



Figura 8.1: Comportamiento del Flujo de Caja. **Fuente:** Elaboración Propia.

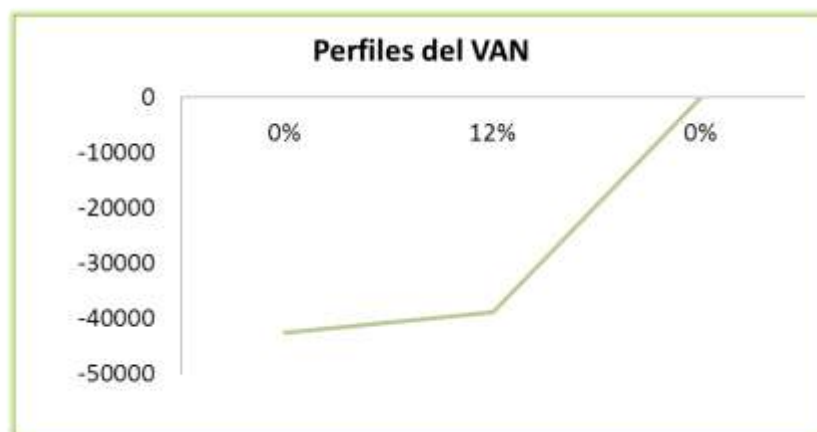


Figura 8.2: Perfiles del VAN con las distintas tasas. **Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede observar el $VAN \leq 0$ por lo que el resultado de la inversión no es atractiva ya que en un período de 3 años el sistema tiene que ser subsidiado, no teniendo valor para la TIR ni un período para la recuperación de la inversión. Las causas de no ser atractiva se deben al bajo costo del agua que es de 0,30 CUP/m³.

8.3 Factibilidad ambiental

A pesar de no resultar atractiva la mejora desde el punto de vista económico, puede considerarse desde la visión ambiental una mejora que repercute positivamente, su repercusión está dada por:

- Contribuye a la disminución del consumo de recursos hidráulicos en 257,66 m³/año, lo que mejora la situación existente en la empresa, ya que se consumen anualmente grandes volúmenes de agua y gran parte de esta son enviadas a los residuales siendo todavía aprovechables.



- b) Contribuye a la evolución del sistema de producción actual (lineal o de Tipo I) hacia un sistema de cambio en la recuperación de recursos, más integral el funcionamiento de los sistemas industriales, donde los procesos de fabricación y ambientales se integran al menos parcialmente, es decir un sistema de retroalimentación y ciclos internos o de (Tipo II)

9. Estudio de factibilidad de la sustitución de empaquetaduras por sellos mecánicos de fabricación nacional

9.1 Factibilidad técnica

Para acometer dicha inversión es necesaria la compra de 14 sellos mecánicos en reposición de la tecnología existente, a un precio de 25,0 CUC/u se obtiene costo total de 350 CUC. Además si se toma en consideración que para la instalación de estos sellos se necesitan 5 días con Especialista Mecánico encargado de tal sustitución, este tiene un salario de 2,10CUP/h por lo que se incurre en un gasto por mano de obra de 84,0 CUP.

Se proyecta una vida útil para los sellos desde el punto de vista técnico de 5 años, se considera esta inversión como una revalorización del activo ya que prolonga su vida útil y disminuye las pérdidas que se tenían antes de implantar la propuesta.

Para llevar a cabo tal sustitución es necesario tener en cuenta las pérdidas que se han tenido por las diferentes bombas:

Tabla 9.1: Pérdidas de lechada de almidón.

Bomba	Promedio de salideros x horas bomba (litros)	Total de salideros en 1288 h de trabajo en el 2012 (litros)
Bomba 1	0,86	1107,68
Bomba 2	0,88	1133,44
Bomba 3	0,85	1094,8
Bomba 4	0,92	1184,96
Bomba 5	1,02	1313,76
Bomba 6	0,97	1249,36
Bomba 7	0,85	1094,8
Total	6,35	8178,8

9.2 Factibilidad económica

Después de realizar el análisis, se determina que el promedio de producto derramado en las horas de trabajo del 2012 para producir 1311,355 t de almidón está en el orden de los 8178,8 L de lechada de almidón o lo que es lo mismo 8,1878 m³, los cuales se vierten adicionalmente por concepto de salideros prevenibles.

Según la norma se requieren 10 L de agua para limpieza/L de lechada derramada, por lo cual anualmente se requieren adicionalmente 81 788 L o 81,788 m³ de agua para limpieza.



En este análisis se tiene en cuenta toda la energía eléctrica gastada en el trasiego de agua para limpieza.

 Energía ahorrada por bombeo de agua de limpieza: se bombeaban adicionalmente 81788 L de agua para limpieza con bombas de 5000 L/h y una potencia de 3 kWh, esto reporta un ahorro total anual de 49.1 kW.

Para realizar el análisis económico de la mejora se relacionan aspectos que contribuyen al ahorro total generado con la introducción de una nueva estrategia de productiva.

 Ahorro por concepto de importación de sellos mecánicos y costo de producción:

El precio de importación de un sello mecánico para este tipo de bombas oscila en los 250.00 CUC.

Costo de fabricación en el país: 25,0 CUC.

Consumo anual de sellos mecánicos de las 7 bombas: 14 unidades

Ahorro por importación = (Precio Importación – Costo Fabricación País) x Consumo Anual

Ahorro x Importación = $(250 - 25) \times 14 = \mathbf{3\ 150,00CUC}$.

1. Ahorro por concepto de consumo de agua: Se vierten adicionalmente 81788 L de agua los cuales tienen un precio 0,30 CUP/m³ dando un ahorro de 24,55CUP.
2. Ahorro Energético: se ahorra un total de 49,1 kWh anuales los cuales tienen un precio 0,25 CUP/kw dando un ahorro de electricidad de 12,3CUP.
3. Incremento por concepto de pérdidas de producción: se derraman anualmente por salideros de sellos en mal estado 8178,8 L de lechada con un costo de 515,241CUP/t, se incurriría en un ahorro de 4 219,7CUP.

4. Ahorro total generado con la introducción de mejora:

Ahorro Total = Importación de sellos + Agua + Energía.

Ahorro Total = $(3150,00 + 24,55 + 13,3)$ CUP

Ahorro Total = 3187.85CUP

Costo total de la inversión = Gastos en materiales + Gastos en salario

Costo total de la inversión = $350 + 84 = 434$ CUP

Incremento de utilidades = Incremento de ingresos + Ahorro de recursos

Incremento de ingresos = 4 219,7CUP

Ahorro de recursos = ahorro por (importación + agua + energía) = 3187.85CUP

Resulta necesario conocer los gastos financieros y para la determinación de los mismos se aplica el Método de Amortización Progresiva y resultando lo que se expone en la **Tabla 9.4**. Asimismo en la **Tabla 9.5** se presentan los resultados de llevar a cabo la proyección de los



indicadores económicos para el período de vida útil del activo, el que se proyecta para cinco años. Con los resultados obtenidos se puede representar gráficamente el comportamiento de los flujos de efectivo, lo cual se puede observar en la **Figura 9.1** que el comportamiento de los mismos tiende al crecimiento luego de la recuperación de la inversión, así como en la **Figura 9.2** puede observar los diferentes perfiles del VAN para distintas tasas.

Tabla 9.4: Cálculo del financiamiento usando el Método de Amortización Progresiva. **Fuente:** Elaboración propia.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación de Intereses	Término de liquidación Total
1	75,47	30,38	105,85
2	80,75	25,10	105,85
3	86,40	19,45	105,85
4	92,45	13,40	105,85
5	98,92	6,93	105,85

Tabla 9.5: Cálculo de los indicadores económicos para un período de cinco años. **Fuente:** Elaboración propia.

Conceptos	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ventas y reducción de pérdidas	4219,7	4219,7	4219,7	4219,7	4219,7	4219,7
Costos de Producción						
Depreciación	26,04	26,04	26,04	26,04	26,04	26,04
Utilidad Marginal	4193,66	4193,66	4193,66	4193,66	4193,66	4193,66
Gastos Generales						
Gastos financieros	105,85	105,85	105,85	105,85	105,85	105,85
Utilidad bruta	4087,81	4087,81	4087,81	4087,81	4087,81	4087,81
Impuestos sobre la renta (35 %)	1430,74	1430,74	1430,74	1430,74	1430,74	1430,74
Utilidad neta	2657,08	2657,08	2657,08	2657,08	2657,08	2657,08
Depreciación	26,04	26,04	26,04	26,04	26,04	26,04
Flujo de caja	2683,12	2683,12	2683,12	2683,12	2683,12	2683,12
Flujo de caja al descontado	2395,64	2138,97	1909,79	1705,17	1522,47	2395,64
VAN	9 238,05					
TIR	618%					
IR	22,29					



PRI promedio	0,16 años
PRI descontado	0,18 años



Figura 9.1: Comportamiento del Flujo de Caja. **Fuente:** Elaboración Propia.

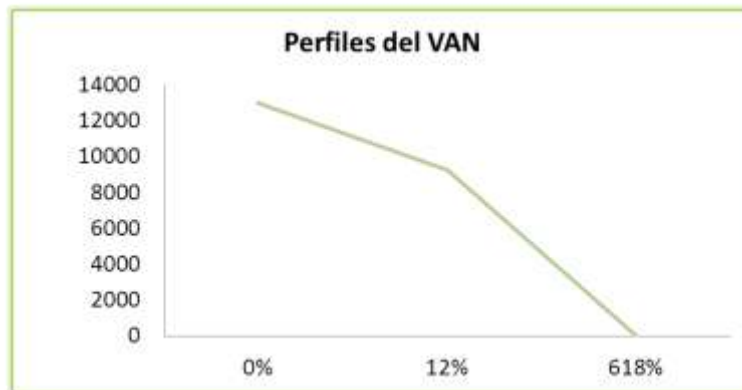


Figura 9.2: Perfiles del VAN con las distintas tasas. **Fuente:** Elaboración propia.

Con el análisis se comprueba que la inversión es de gran atractivo económicamente al ser positivo el VAN y la TIR ser mayor que la tasa de interés. Teniendo un PRI promedio de 2 meses, así como un período de aproximadamente 2,16 meses (PRI descontado) de desembolso inicial a partir de los flujos de efectivos descontados al capital inicial al 12%. El índice de rentabilidad de la inversión es del 22,29 corroborando esto el atractivo de la misma.

9.3 Factibilidad ambiental

Esta inversión implica una mejora ambiental para la empresa, debido a:

- Mejora la agresividad, turbulencia, composición y volumen de los residuales a tratar. A la vez que evita la generación de mayor carga orgánica (DBO_5) con un alto contenido de materias orgánicas y nutrientes.
- Disminuye los impactos ambientales a los ecosistemas que rodean la organización, así como los malos olores que esta produce con la fermentación de sus aguas dispuestas y, por tanto mejora la calidad de vida de los asentamientos poblacionales aledaños.
- Contribuye a lograr que las aguas residuales, dispuestas al Arroyo Inglés, se aproximen al cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles Promedio establecidos en la NC 27:2012.



- d) Reduce el consumo del reagente químico hidrato de cal, usado para el control del pH en la planta de tratamiento de residuales, y con ello se desmaterializa el proceso.
- e) Provoca un decrecimiento de parámetros monitoreados en las aguas residuales como DBO_5 que, por concepto del vertimiento de este residuo a la planta de tratamiento de residuales, actualmente se generan 109,6 kg DBO_5 /año.
- f) Reduce el consumo de agua en 81,788 m^3 /año, lo que además supone un ahorro energético por bombeo de la misma de 49,1 kWh/año.

Se logra además el cumplimiento de objetivos de la Ecología Industrial como lo son:

- a) Cuidar y preservar el medioambiente mediante la implementación de estrategias productivas sostenibles.
- b) Considerar lo que antiguamente se veía como un residuo como una materia prima, valorado en 4 219,7 CUP que aporta beneficios a la empresa y a la sociedad.
- c) Evolucionar del sistema de producción actual (lineal o de Tipo I) hacia un sistema de cambio en la recuperación de recursos, más integral el funcionamiento de los sistemas industriales, donde los procesos de fabricación y ambientales se integran al menos parcialmente, es decir un sistema de retroalimentación y ciclos internos o de (Tipo II)

10. Estudio de factibilidad de la recuperación del control de nivel en el tanque colector 010-05

10.1 Factibilidad técnica

Se proyecta para la propuesta una vida útil del activo de 5 años, lo que se realiza teniendo en cuenta elementos técnicos del mismo. El regulador de nivel en el tanque colector 010-05 regula el flujo de agua sulfurosa proveniente de la torre 2 de absorción, manteniendo así el nivel del tanque con la deposición del resto de las aguas que a él llegan.

Tabla 10.1: Materiales para la propuesta.

Material	Cantidad	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Lazo de control	1	30,65	30,65

Tabla 10.2: Mano de obra.

Categoría	Cantidad	Salario (CUP)	Gasto en salario (CUP)
Instrumentista	1	285,0	11,87

Para establecer la renovación es necesario 1 día de trabajo.

10.2 Factibilidad económica

Costo total de la inversión = Gastos en materiales + Gastos en salario

Costo total de la inversión = 30,65 + 11,87 = 42,52 CUP



$$\text{Incremento de utilidades} = \text{Incremento de ingresos} + \text{Ahorro de recursos}$$

$$\text{Incremento de ingresos} = 0$$

$$\text{Ahorro de recursos} = \text{Ahorro de agua} = 77,28 \text{ CUP}$$

En el año 2012 hubo pérdida de 257,66 m³ agua por estar fuera de servicio el regulador de nivel del tanque, lo que provoca un gasto de 77,28CUP.

$$\text{Incremento de utilidades} = 77,28 \text{ CUP}$$

Resulta necesario conocer los gastos financieros y para la determinación de los mismos se aplica el Método de Amortización Progresiva y resultando lo que se expone en la **Tabla 10.3**. Asimismo en la **Tabla 10.4** se presentan los resultados de llevar a cabo la proyección de los indicadores económicos para el período de vida útil del activo, el que se proyecta para cinco años. Con los resultados obtenidos se puede representar gráficamente el comportamiento de los flujos de efectivo, lo cual se puede observar en la **Figura 10.1** que el comportamiento de los mismos tiende al crecimiento luego de la recuperación de la inversión, así como en la **Figura 10.2** puede observar los diferentes perfiles del VAN para distintas tasas.

Tabla 10.3: Cálculo del financiamiento usando el Método de Amortización Progresiva. **Fuente:** Elaboración propia.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación de Intereses	Término de liquidación Total
1	7,39	2,98	10,37
2	7,91	2,46	10,37
3	8,46	1,91	10,37
4	9,06	1,31	10,37
5	9,69	0,68	10,37

Tabla 10.4: Cálculo de los indicadores económicos para un período de cinco años. **Fuente:** Elaboración propia.

Conceptos	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ahorro de agua		77,28	77,28	77,28	77,28	77,28
Costos de Producción						
Depreciación		2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Utilidad Marginal		74,7288	74,7288	74,7288	74,7288	74,7288
Gastos Generales						
Gastos financieros		10,37	10,37	10,37	10,37	10,37
Utilidad bruta		64,36	64,36	64,36	64,36	64,36
Impuestos sobre la renta (35 %)		22,53	22,53	22,53	22,53	22,53



Utilidad neta		41,83	41,83	41,83	41,83	41,83
Depreciación		2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Flujo de caja	-42,52	44,38	44,38	44,38	44,38	44,38
Flujo de caja al descontado	-42,52	39,63	35,38	31,59	28,21	25,18
VAN	117					
TIR	101%					
IR	3,76					
PRI promedio	0,96 años					
PRI descontado	1,07 años					



Figura 10.1: Comportamiento del Flujo de Caja. **Fuente:** Elaboración Propia.

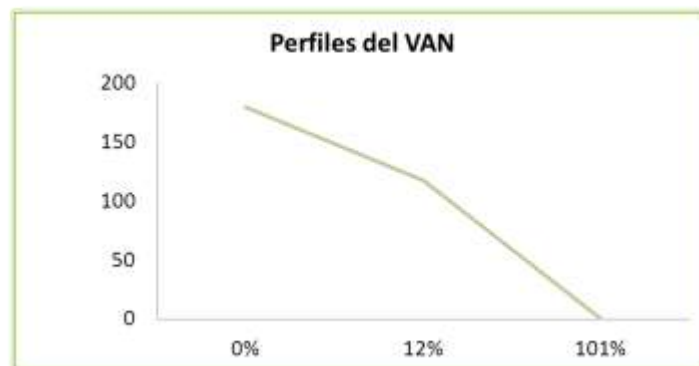


Figura 10.2: Perfiles del VAN con las distintas tasas. **Fuente:** Elaboración propia.

Luego del análisis anterior se comprueba que la inversión es de gran atractivo económicamente al ser positivo el VAN y la TIR ser mayor que la tasa de interés. Teniendo un PRI promedio de 11,5 meses, así como un período de aproximadamente 1 año y 1 mes (PRI descontado) de desembolso inicial a partir de los flujos de efectivos descontados al capital inicial al 12%. El índice de rentabilidad de la inversión es del 3,76% corroborando lo planteado.



10.3 Factibilidad ambiental

La factibilidad ambiental que tiene esta propuesta está dada por la disminución en la generación de residuales, así como el consumo de agua, siendo este uno de los principales problemas ambiental que tiene la empresa. Se logra cerrar el ciclo de agua en la planta y por tanto disminuye la pérdida de 257,66 m³ de agua anualmente.

11. Estudio de factibilidad de colocar gatillos de cierre rápido en mangueras para agua de limpieza

11.1 Factibilidad técnica

Teniendo en cuenta el uso y el desgaste que sufrirán los dispositivos, se proyecta una vida útil para los mismos de 3 años, lo anterior se realiza a partir de la valorización del activo desde el punto de vista técnico. Para llevar a cabo esta propuesta se necesita de la colocación de gatillos o pistolas de cierre rápido en las mangueras utilizadas para la limpieza, los materiales necesarios se muestran en la **Tabla 11.1**.

Tabla 11.1: Materiales para la mejora propuesta.

Materiales	Cantidad	Precio (CUP)	Importe (CUP)
Pistolas de cierre rápido	3	26,05	78,15
Total			78,15

11.2 Factibilidad económica

Con esta mejora se obtendrá una reducción de gastos por concepto de ahorro de agua, lo cual se define en el análisis de la **Tabla 11.2**.

Tabla 11.2: Ahorro de agua.

Diámetro manguera	Tiempo limpieza actual	Cantidad agua utilizada	Tiempo de limpieza con pistolas	Cantidad de agua con pistolas	Ahorro	
2"	4 h/día	8 m ³ /día	3,2 h/ día	6,4 m ³ / día	1,6 m ³ /día	0,8h/día

Días trabajados durante el año: 234

Costo total de la inversión = Gastos en materiales

Costo total de la inversión = 78,15CUP

Incremento de utilidades = Incremento de ingresos + Ahorro de recursos

Incremento de ingresos = 0

Ahorro de recursos por malas prácticas = agua + energía eléctrica por bombeo

Ahorro de recursos por malas prácticas = 336.96 + 51.1 = 388.06 CUP

Agua ahorrada: 1,6m³/día × 3 mangueras = 3.84 m³/día × 234 días = 1 123.2m³/año



$$\text{Ahorro por concepto de agua:} = 1\,123.2\text{ m}^3 \times 0.30\text{ CUP/m}^3 = 336.96\text{ CUP}$$

Consumo de la bomba: 21,0 kW/h.

$$\begin{aligned}\text{Reducción de gastos por bombeo de agua:} &= 9.73\text{ h} \times 21\text{ kW} = 204.4\text{ kWh} \times 0.25\text{ CUP/kWh} \\ &= 51.1\text{ CUP}\end{aligned}$$

$$\text{Incremento de utilidades} = \text{Ahorro de recursos} = 388.06\text{ CUP}$$

Cálculo para determinar las horas de bombeo que se necesitan para 1123.2 m³ de agua, ello se puede determinar que la bomba tiene una capacidad para bombear 115,4 m³/h, resultando que se necesitan 9,73 h.

Cálculos para determinar el costo de producción: El costo radica en el consumo eléctrico por el bombeo de agua, dado que anteriormente se utilizaban 3359,388 m³ con la propuesta se reducirían a 2236,2 m³, por lo que teniendo en cuenta la capacidad de bombeo se necesitarían 19,3 h. El gasto de energía eléctrica sería como se muestra a continuación.

$$\text{Costo por bombeo de agua:} = 19.3\text{ h} \times 21\text{ kW} = 405.3\text{ kWh} \times 0.25\text{ CUP/kWh} = 101.25\text{ CUP}$$

Resulta necesario conocer los gastos financieros y para la determinación de los mismos se aplica el Método de Amortización Progresiva y resultando lo que se expone en la **Tabla 11.3**. Asimismo en la **Tabla 11.3** se presentan los resultados de llevar a cabo la proyección de los indicadores económicos para el período de vida útil del activo, el que se proyecta para tres años. Con los resultados obtenidos se puede representar gráficamente el comportamiento de los flujos de efectivo, lo cual se puede observar en la **Figura 11.1** que el comportamiento de los mismos tiende al crecimiento luego de la recuperación de la inversión, así como en la **Figura 11.2** puede observar los diferentes perfiles del VAN para distintas tasas.

Tabla 11.3: Cálculo del financiamiento usando el Método de Amortización Progresiva. **Fuente:** Elaboración propia.

Financiamiento			
Años	Término Amortización del Principal	Término de liquidación de Intereses	Término de liquidación Total
1	13,59	5,47	19,06
2	14,54	4,52	19,06
3	15,56	3,50	19,06



Tabla 11.4: Cálculo de los indicadores económicos para un período de cinco años. **Fuente:** Elaboración propia

Conceptos	Años			
	0	1	2	3
Ahorro de agua		388,06	388,06	388,06
Costos de Producción		101,25	101,25	101,25
Depreciación		4,69	4,69	4,69
Utilidad Marginal		282,121	282,121	282,121
Gastos Generales				
Gastos financieros		19,06	19,06	19,06
Utilidad bruta		263,06	263,06	263,06
Impuestos sobre la renta (35 %)		92,07	92,07	92,07
Utilidad neta		170,99	170,99	170,99
Depreciación		4,69	4,69	4,69
Flujo de caja	-78,15	175,68	175,68	175,68
Flujo de caja al descontado	-78,15	156,86	140,05	125,04
VAN	343,80			
TIR	218%			
IR	5,40			
PRI promedio	0,44 años			
PRI descontado	0,498 años			



Figura 11.1: Comportamiento del Flujo de Caja. **Fuente:** Elaboración Propia.

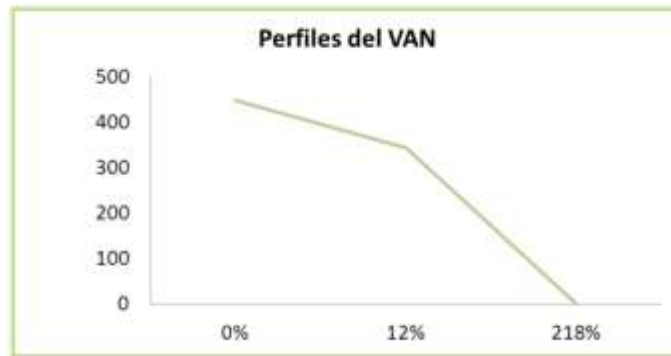


Figura 11.2: Perfiles del VAN con las distintas tasas. **Fuente:** Elaboración propia.

Con el análisis anterior se comprueba que la inversión es de gran atractivo económicamente al ser positivo el VAN y la TIR ser mayor que la tasa de interés. Teniendo un PRI promedio de 5,3 meses, así como un período de aproximadamente 6 meses (PRI descontado) de desembolso inicial a partir de los flujos de efectivos descontados al capital inicial al 12%. El índice de rentabilidad de la inversión es del 5,40 corroborando la factibilidad económica de la propuesta.

11.3 Factibilidad ambiental

Esta medida se considera factible en el aspecto ambiental, ya a través de la misma se posibilita un ahorro en el consumo de agua de 1123,2 m³/año, lo que repercute en la optimización del consumo de recursos, siendo este uno de sus principales problemas ambientales. Además contribuye este ahorro, a la mejora de la Huella Hídrica de la producción de almidón la cual actualmente es de 462,065 m³ de agua dulce para la producción de 1 t_{almidón}, impulsando a su vez que dicha producción evoluciones hacia la sostenibilidad. Con la disminución en el consumo de agua también se produce un ahorro energético por concepto de bombeo de agua de 204,4 kWh/año.

12. Análisis general de la factibilidad económica de las propuestas de mejoras

Mejora	Costo		Ahorro de recursos		Incremento de ingresos	
	Inversión (CUP)	Producción (CUP)	Recurso	Monto (CUP)	Causa	Monto (CUP)
1	1 631,86	1 330,8	-		Recuperación y venta del gluten(30912 m ³)	4175,21
2	8 072,75	1 610	-		Recuperación y venta de la materia (2,729 m ³)	77 134,00
3	160 000	629 450	Agua (7 908,32 m ³)	2372,5	Venta de almidón	785 000



			Electricidad(99, 176 MWh)	24 794		
4	27 382,17	34 416,25	-		Recuperación y venta del licor de remojo (785,82 m ³)	33 197,66
5	9 132	-	Electricidad(17, 969 MWh)	4 492,5	Aumento de capacidad de producción de almidón	9 409,5
			Fuel oil (8,523 t)	1 315,9		
6	2143,7	-	Fuel oil (88,12 t)	8841,92	-	
7	25 616,65	12 042,8	-		Recuperación de maíz (253 688,316 kg)	195890,4
8	547,95	481,25	Agua (257,66 m ³)	77,3		
9	434	-	Importación	4 219,7	Recuperación de la lechada de almidón (8,1878 m ³)	4 219,7
			Agua (81,788 m ³)	24,55		
			Electricidad (49,1 kWh)	13,3		
10	42,52	-	Agua (257,66 m ³)	77,28		
11	78,15	388,06	Agua (1123,2 m ³)	336,96	-	
			Electricidad(204 ,4 kWh)	51,1		
Σ	235081,75	679719,16	Consumo y pérdidas de agua (9628,63 m ³)	46 617,01	-	1 109 026,47
			Consumo eléctrico (181,79 MWh)			
			Consumo de fuel oil (96,643 t)			

Cálculos totales:

Reducción del vertimiento de residuales

= licor de remojo + suspensión de gluten + materia en proceso
+ lechada de almidón



$$\begin{aligned} \text{Reducción del vertimiento de residuales} &= (840.45 + 30\,912 + 2.729 + 8.1878)m^3 \\ &= 31\,763.37m^3/\text{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ingresos por la recuperación} &= (33\,197.66 + 4\,175.21 + 77\,134 + 4\,219.7)CUP \\ &= 118\,726.57\,CUP/\text{año} \end{aligned}$$

$$\text{Ingresos por ahorro de recursos} = \text{agua} + \text{energía eléctrica} + \text{fuel oil}$$

$$\begin{aligned} \text{Ingresos por ahorro de recursos} &= (2\,888.60 + 29\,349.625 + 10\,157.82)CUP \\ &= 42\,396.045\,CUP/\text{año} \end{aligned}$$



Anexo 113: 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.

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 114: 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 sobre todo 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 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 ³ /periodo]	Energía eléctrica [kWh/periodo]	Combustibles [m ³ 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).

*m³N: 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).



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
Operación Unitaria 1						
Manguera 1						
Tanque 1	*					
Máquina A	**					
.....						
Total OU 1						
Operación Unitaria 2						

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 ³ /día] o [m ³ /año]	Limpieza [m ³ /día] o [m ³ /año]	Vapor [m ³ /día] o [m ³ /año]	Uso doméstico (baños etc.) [m ³ /día] o [m ³ /año]	Otros [m ³ /día] o [m ³ /año]	Consumo total por operación o por sección de la planta [m ³]
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.

Origen de las aguas residuales	Descarga [m ³ /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 ³ o toneladas]	Tipo de residuo	Origen del residuo	Destino	Observaciones	Firma
1 de Enero	14 m ³	virutas	Del rebajado	Relleno		
2 de enero						
.....						
Mes: <i>Enero</i>					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; m3/año o t/producto]	Servicio / Destino	Costos / Ingresos [US\$/año o US\$/producto]
<i>Operación 1, recepción</i>	<i>Sal, sólido</i>		<i>Relleno sanitario</i>	
<i>Operación 2, remojo</i>	<i>Lodo</i>			
...				
<i>Sección almacenes</i>	<i>Pérdidas</i>			
...				
Total				

Cuadro 8: Resumen de la generación de residuos de diferentes operaciones y su disposición. **Fuente:** Centro de promoción de Tecnologías Sostenibles (2005).

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 ³]	Consumo específico [kWh/m ³]	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).

