



Facultad de Ingeniería
Departamento de Química

Trabajo de Diploma

en opción al título de ingeniero químico

Título: Plan de Mejoras en el área de limpieza para la obtención de almidón de maíz en la empresa de GydeMa.

Autora: Anayelis Guerrero Díaz

Tutor: Dr.C Fernando Ramos Miranda

Asesores: MSc. Laimí Pisch Vidal

Ing. Claudia Jema Urrutia Arcelú

Cienfuegos, 2023

Pensamiento

“ Toda la gloria del mundo cabe en un grano de maíz ”

José Martí.

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, por haberme orientado, apoyado y animado para ejercer esta carrera. A mi hija quien ha sido mi mayor inspiración y motivación para continuar mis estudios. Su amor incondicional y su comprensión han sido fundamental para poder alcanzar este logro. A todas esas madres que, al igual que yo, han tenido que equilibrar la universidad con la maternidad, demostrando que es posible alcanzar nuestros sueños mientras criamos a nuestros hijos.

Agradecimientos

A **mis padres, mi hermana y a mi familia en general** por ayudarme y estar presente en todo momento cuando más lo necesité.

A **mi esposo** y compañero de vida por nunca soltar mi mano, apoyándome siempre en mi carrera y dándome esa confianza que necesitaba para continuar con mis estudios.

A **mi hija** por ser una niña comprensiva y entender cuando su mami necesitaba estudiar.

A **mis tutores y profesores** muchas gracias por su ayuda y dedicación para la realización de este proyecto, ofreciéndome así sus conocimientos como profesionales.

A **los trabajadores de la empresa GydeMa** por su atención y brindarme información necesaria.

A cada una de esas personas que de una forma u otra brindaron su tiempo y experiencia hacia esta tesis.

Resumen

A pesar de la gestión de la empresa GydeMa, existen dificultades tecnológicas y operativas producidas por el cumplimiento de la vida útil de la instalación que afecta tanto la tecnología como el tratamiento de sus residuales. Esta investigación propone un estudio que concluye con un Plan de Medidas que incremente la eficiencia en el área de limpieza. Se utilizan herramientas apropiadas por la ingeniería química haciendo énfasis en los métodos multicriterio y el diagnóstico tecnológico. Como resultado se obtiene un plan de medidas que identifican los principales problemas que reveló el diagnóstico y fueron planteados los términos de cumplimiento y medida que se considera científicamente fundamentado y que cumple con las condiciones de variabilidad, repetitividad, consistencia y validez. Se demostró la viabilidad técnica de las propuestas de mejoras por el análisis del costo/beneficio. Así como, fueron calculados los impactos a la economía empresarial por un valor de 131 506, 46 MN por concepto de pérdida

Palabras Claves: Método Delphi, Plan de Medidas, Método Multicriterio.

Summary

Despite the management of the Gydemá company, there are technological and operational difficulties caused by compliance with the useful life of the facility that affects both the technology and the treatment of its waste. This research proposes a study that concludes with a Measure Plan that increases efficiency in the cleaning area. Appropriate chemical engineering tools are used, emphasizing multi-criteria methods and technological diagnosis. As a result, a plan of measures is obtained that identifies the main problems revealed by the diagnosis and the terms of compliance and measurement were raised that are considered scientifically based and that meet the conditions of variability, repeatability, consistency and validity. The technical feasibility of the improvement proposals was demonstrated by the cost/benefit analysis. Likewise, the impacts on the business economy were calculated for a value of 131,506.46 MN in losses.

Keywords: Delphi Method, Measurement Plan, Multicriteria Method.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo I. Marco teórico de la investigación.....	3
1.1- Generalidades sobre el grano de maíz y el aprovechamiento de sus componentes ..	3
1.1.1-El maíz. Fines e importancia.....	3
1.1.2 Aspectos relativos al grano de maíz como materia prima para la obtención del almidón.....	4
1.2- Aspectos relativos al Proceso Tecnológico de obtención de Almidón de Maíz.	9
1.2.1- Métodos de obtención de productos a partir del grano de maíz.....	9
1.2.3 Productos de la molienda húmeda. Aplicaciones e importancia.....	12
1.2.4 Aspectos teóricos vinculados con la preparación del maíz.....	13
1.2.5 Productos asociados con la preparación del grano de maíz. Implicaciones e importancia.....	14
1.3 Tendencias actuales en la obtención de almidón de maíz y subproductos.	18
1.4 Métodos para la estimación de los costos/beneficios. Métodos de Peters	18
1.5 Método Multicriterio	19
1.5.1 Método de Delphi	21
1.6 Plan de Mejoras.....	22
Capítulo II. Metodología para la elaboración del plan de mejoras.....	26
2.1 Identificación de la Planta de Almidón en la Empresa GydeMa.	27
2.1.1 Características generales de la planta.....	27
2.1.2 Caracterización del ambiente político – social y laboral de la Empresa:	28
2.1.3 Estructura de la Empresa Productora y Comercializadora de Glucosa, Almidón y Derivados del Maíz (GydeMa).	28
2.2 Descripción general del Proceso Tecnológico.....	29
2.2.1 Análisis de la estructura del sistema productivo.....	32
2.2.2 Características del equipamiento.....	33
2.3 Descripción literal del proceso de producción de almidón de maíz en la sección de limpieza.....	34
2.3.1 Recepción del maíz:.....	34
2.3.1 Equipos fundamentales de la sección y sus características.	35

2.4	Análisis de las condiciones iniciales para el Área de Limpieza	36
2.5	Principales herramientas utilizadas para el diagnóstico	37
2.5.1	Encuestas y entrevistas	37
2.5.2	Discriminación simple	39
2.5.3	Métodos de Peters	39
2.5.4	Métodos Multicriterio. El método Delphi.	46
2.5.5	Diagnóstico tecnológico	51
2.5.6	Metodología de análisis del costo-beneficio	52
2.5.7	Metodología del Plan de Mejoras	54
Capítulo III.	Discusión de los resultados	56
3.1	Propuesta de mejoras y su evaluación.	56
3.2	Evaluación de las propuestas. Resultados de los Métodos Multicriterio.	56
3.3	Resultados del Método de Peters	58
3.4	Análisis Costo-beneficio	58
3.5	Consideraciones generales sobre las propuestas	61
3.6	Propuesta del Plan de mejoras	62
Conclusiones		64
Recomendaciones		65
Referencias bibliográficas		66
Anexos		1

Introducción

El almidón de maíz es el principal componente de muchos alimentos básicos y también uno de los ingredientes más versátiles de la industria alimenticia. Pero es un ingrediente cada vez más valioso porque puede ser convertido en una variedad de productos por medios químicos, bioquímicos y físicos. Desde el punto de vista industrial, es el almidón más importante y más ampliamente estudiado a nivel mundial. Dado que los usos de almidón normal están a menudo limitados por propiedades desfavorables, tales como, baja solubilidad en agua, la tendencia de retrogradación, entre otras, se le han introducido grupos funcionales que amplían sus aplicaciones, convirtiéndolos en almidones modificados por una serie de alteraciones químicas o físicas, con el fin de proporcionar almidones con propiedades mejoradas o específicas (Martínez, 2013).

La UEB Glucosa Cienfuegos, conocida comercialmente con el nombre de GYDEMA, se encuentra localizada en la Zona Industrial # 2 del Reparto Pueblo Griffó, en la provincia de Cienfuegos, exactamente en la periferia noreste de la ciudad cabecera. A partir del maíz, que es la materia prima fundamental, se elaboran en la planta una amplia gama de productos siendo la línea principal de producción la obtención de almidón de maíz. El esquema de la planta es de tipo molienda húmeda usando tecnología Alfa-Laval de los años setenta.

Los principales residuos del proceso son el germen, la fibra, el gluten y un lodo residual. Dado el alto contenido de nutrientes que presentan los residuos son vendidos como alimento animal. El gluten concentrado, la fibra y el germen se procesan para la formulación de piensos mientras que el lodo es comercializado en forma líquida. De esta manera los principales residuos encuentran un usuario final y no son vertidos al medio ambiente, lo que minimiza el potencial impacto ambiental que estos pudieran ocasionar (Valdés et al., 2022).

La empresa en estos momentos se enfrenta a un estado de obsolescencia avanzado, debido a que la planta ha terminado con su ciclo de vida útil. La etapa de limpieza, en particular, está necesitada de una mejora tecnológica en el proceso ya que ésta ha tenido que superar varios obstáculos para continuar con su labor. Es por ello que se está desarrollando un proyecto enfocado en buscar nuevas tecnologías y métodos de limpieza más eficientes con el objetivo de intensificar sus producciones y desde esta dirección, obtener menos pérdidas posibles y contribuir a la sostenibilidad de la empresa.

Problema científico

Deficiente proceso tecnológico en el área de limpieza del maíz para la obtención del almidón en la empresa GydeMa.

Hipótesis

Mediante un plan de mejoras científicamente fundamentado se tendría un mejor aprovechamiento de la materia prima, que contribuirá a la sostenibilidad de la empresa.

Objetivo General

Proponer un Plan de Mejoras tecnológicas en el área de limpieza del maíz para la obtención del almidón en la empresa GydeMa.

Objetivos específicos

- 1- Establecer los fundamentos técnicos que sustentan la investigación planteada.
- 2- Realizar el diagnóstico tecnológico del área.
- 3- Seleccionar las herramientas de Ingeniería Química necesarias para el proyecto.
- 4- Proponer mejoras tecnológicas que tributen al perfeccionamiento industrial.

Capítulo I. Marco teórico de la investigación.

1.1- Generalidades sobre el grano de maíz y el aprovechamiento de sus componentes

1.1.1-El maíz. Fines e importancia.

El maíz es el cereal de los pueblos y culturas del continente americano. Las más antiguas civilizaciones de América desde los olmecas y teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los incas y quechuas en la región andina de Sudamérica estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta (Serratos, 2012).

Su nombre científico proviene del griego Zeo, que significa vivir y de la palabra maíz, palabra que los nativos del Caribe, llamados taínos, utilizaban para nombrar al grano. Este es llamado de diferentes maneras, dependiendo del país y de la cultura. En América es conocido como elote, choclo, jojoto, sara o zara. En las diferentes regiones de España es llamado danza, millo, mijo, panizo, borona u oroña (Pliego, 2013).

La mayor cantidad de la producción mundial de maíz es destinada a la alimentación animal. En algunos países se emplea como alimento humano en cantidades muy significativas, puesto que, este grano es una fuente importante de materia prima para producir almidón y derivados, como edulcorantes, aceite, alcohol, entre otros. Estos últimos pueden ser, y en cierta medida ya lo están siendo, utilizados como materia prima en la industria química, y en algunos casos como reemplazo de los derivados del petróleo. A diferencia de este último, el maíz presenta ciertas ventajas ya que es un recurso renovable, los productos finales obtenidos son biodegradables y su degradación no altera el balance de anhídrido carbónico atmosférico (Robutti, s. f.).

Además de ser empleado como alimento animal o humano, puede ser utilizado con fines medicinales ya que ayuda en la prevención de enfermedades letales como el cáncer, principalmente en los tipos de cáncer ubicados en las mamas, en los pulmones y en la próstata, siendo estos de los más comunes. Los pelos del choclo, o pelos de elotes como también se le conoce son utilizados para remedios caseros contra problemas renales, para controlar la presión, como prevención y ayudando a regular el colesterol y además es bueno para problemas digestivos, endocrinos y dermatológicos. Puede ser además un antiestrés, ya que contiene vitamina B1 o tiamina, esta vitamina influye directamente sobre la energía de nuestro organismo, un déficit de esta pudiera provocar depresión o una baja calidad de

nuestro desarrollo normal del cerebro. Además, contiene ácido fólico, siendo muy importante para las mujeres embarazadas y en edad fértil. Este es recomendado también para el cabello y la piel, ya que tiene efecto antioxidante.

1.1.2 Aspectos relativos al grano de maíz como materia prima para la obtención del almidón.

La obtención del almidón es una de las causas fundamentales que justifican el cultivo intensivo y el procesamiento del maíz industrialmente. En la extracción de este producto del grano se logran otros que también tienen un valor significativo y que pueden procesarse para diversos fines. Es por ello, que el sistema de tratamientos que se utiliza está muy comprometido con el aprovechamiento de todas sus potencialidades y a la vez garantizar un alto rendimiento en la recuperación del almidón contenido. Por tanto, la composición del grano será determinante en el cumplimiento de todos estos propósitos.

El grano de maíz

La calidad del grano de maíz depende de las buenas prácticas de cultivo, así como, de las variaciones climatológicas y del tipo de suelo. Además, está asociada tanto a su constitución física, que determina la textura y dureza, como con su composición química, que define el valor nutricional y las propiedades tecnológicas. De la importancia relativa de estas características dependerá el resultado y destino de la producción.

Los mercados son cada vez más exigentes y se interesan por el contenido de proteínas, aminoácidos, almidón, aceites y demás componentes, y paulatinamente se reduce la tolerancia a sustancias contaminantes. Para las industrias que emplean grano de maíz, su calidad y propiedades tecnológicas son una preocupación fundamental. Se requieren granos sanos, limpios, uniformes de tamaño, textura y color.

El grano de maíz está integrado por distintos tejidos que lo conforman: el germen o embrión (12 %), responsable de formar una futura nueva planta; el endosperma (82 %), estructura de almacenamiento del grano que constituye su principal reserva energética; y el pericarpio o cubierta del grano (5 %), que protege a la semilla de la entrada de hongos y bacterias antes y después de la siembra. El restante 1 % corresponde a los restos del pedicelo en la base del grano. La Figura 1.1 muestra la estructura del grano del maíz (Balcarce, 2006).

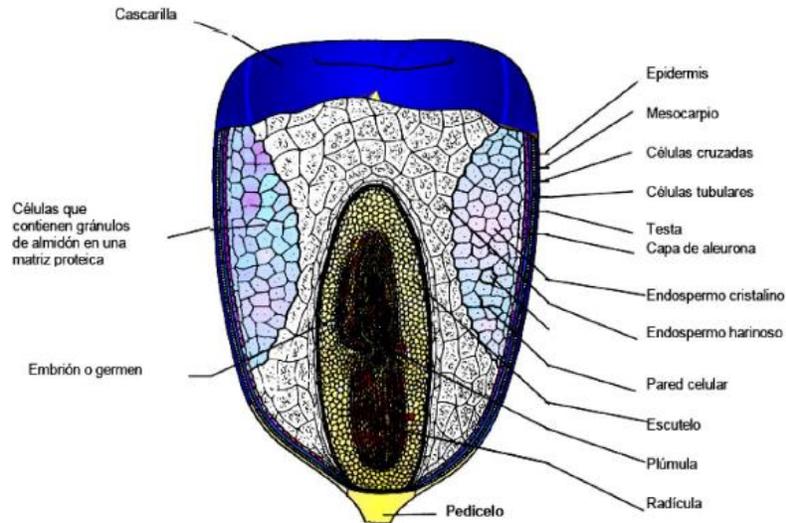


Figura. 1.1- Estructura del grano de maíz. Fuente (Madrigal, 2021a).

La composición química del grano entero de maíz es (% base seca): almidón (40-70 %), lípidos (1-5%), cenizas (1-3%), fibra (1-2%) y proteínas (9-12%), siendo este último el segundo componente más abundante (T. Tovar, 2008).

La dureza del grano es la resistencia que posee a la acción mecánica o al quebrado durante la cosecha y la postcosecha. Esa resistencia, que determina la calidad que posee el grano para su uso y conservación, se relaciona en forma directa con la dureza del endosperma, que, a su vez, se debe a la relación entre los endospermas córneo y harinoso, y en menor medida, a la compactación de los componentes celulares, al grosor de la matriz proteica que rodea a los gránulos de almidón, y al grosor del pericarpio. Tanto mayor será la dureza del grano, cuanto mayor sea la proporción de endosperma córneo que lo componga (Balcarce, 2006).

Otras características importantes son: densidad (gravedad específica), contenido de germen, porcentajes de endospermo y pericarpio, y tamaño del gránulo de almidón. Respecto a esto se ha observado que posiblemente lo más importante para definir la calidad son los aspectos intrínsecos o microestructurales del grano, influenciados éstos por las propiedades fisicoquímicas del mismo (Figuerola & Narváez, 2013).

Componentes de la estructura del grano de maíz

- Pedicelo

Es la estructura celular mediante la cual el grano se encuentra unido al olote. Está compuesto de haces vasculares que terminan en porción basal del pericarpio, consta de una capa exterior

de abscisión con la función de sellar la punta del grano maduro. A esta capa le sigue una serie de células parenquimatosas en forma de estrella, unidas entre sí por medio de sus puntas formando una estructura frágil y porosa. El pedicelo constituye un 0,8 % peso total del grano (T. Tovar, 2008).

- **Pericarpio**

Es la capa exterior dura y fibrosa que encierra al grano. Comprende el pericarpio, la testa y la cofia, en un pequeño casquete que cubre la punta del grano y protege al embrión. El grosor del pericarpio es menor en la parte central y mayor en la base del mismo. En el cereal ya maduro, tiene la función de impedir el ingreso de hongos y bacterias. Todos los componentes del pericarpio constituyen aproximadamente un 5,3% del peso total del grano. El pericarpio está constituido en su mayoría de fibra (T. Tovar, 2008).

- **Endospermo**

Constituye la mayor parte del grano con aproximadamente un 80-84% del peso total. Funciona como reserva energética a la planta durante su desarrollo. Está compuesto de dos regiones: una harinosa y una córnea; donde generalmente la relación harinosa/córnea es de 2:1. La región harinosa del endospermo se caracteriza por tener células con gránulos de almidón grandes (10-30 μm), esféricos y una capa delgada de matriz proteica; en la región periférica o córnea se encuentran células con gránulos de almidón más pequeños (1-10 μm). Químicamente el endospermo está compuesto por 90% de almidón y 7% en proteínas acompañadas de aceites, minerales y otros compuestos (T. Tovar, 2008).

- **Germen**

Se localiza en la parte inferior del grano y le aporta de un 9,5-12% del peso total. Posee dos partes destacables, el eje embrionario y el escutelo. El escutelo constituye cerca del 90% del germen y es donde se almacenan los nutrientes que utiliza el grano durante la germinación. Químicamente el germen utilizado está compuesto por aproximadamente un 35-40% del contenido total de lípidos encontrados en el grano (T. Tovar, 2008).

Componentes que se obtienen industrialmente del grano de Maíz

Almidón

El almidón es el principal constituyente del maíz (*Zea mays* L.) y las propiedades fisicoquímicas y funcionales de este polisacárido están estrechamente relacionadas con su

estructura. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa (estructura lineal) y amilopectina (estructura ramificada) (Agama & Juárez, 2013).

Este compuesto es un carbohidrato, formado por biomoléculas compuestas de carbono, hidrógeno y oxígeno organizados generalmente en la razón $C_n(H_2O)_n$ (donde $n \in Z$; $n \geq 3$).

Aunque el contenido de almidón varía según la fuente de obtención, la más importante son los cereales (maíz, arroz, trigo) con un contenido aproximado de 30-80%, en leguminosas (frijol, chícharo, haba) un 25-50% y en tubérculos (papa, tapioca, yuca) representa un 60-90% de la materia seca. De la producción mundial de almidón aproximadamente el 83% es obtenido del maíz; después la fuente más importante es el trigo con un 7%, papa con un 6% y tapioca con el 4% (T. Tovar, 2008).

El almidón se diferencia de los demás hidratos de carbono presentes en la naturaleza en que se presenta como un conjunto de gránulos o partículas. Estos gránulos son relativamente densos e insolubles en agua fría, aunque pueden dar lugar a suspensiones cuando se dispersan en el agua. Suspensiones que pueden variar sus propiedades en función de su origen (Calcaneo, 2013).

Este constituye la reserva energética de los vegetales. La proporción de amilosa y amilopectina, determinan las propiedades de cada tipo de almidón. Son ricos en calorías, pudiendo resultar cruciales para la alimentación y la evolución humana (Biliaderis, 1991).

En las últimas décadas, la investigación realizada a este carbohidrato es con la finalidad de encontrarle nuevos usos. Básicamente puede ser usado para cuatro propósitos generales (T. Tovar, 2008).

- Conferir ciertas características organolépticas a los alimentos como textura y consistencia, la cual es dada por sus componentes poliméricos de alto peso molecular. La cantidad y tipo de almidón utilizado se convierten en puntos críticos para obtener las características organolépticas deseables.
- Para la nutrición humana y/o animal, pues es la fuente de energía más importante, representa el 80% de la ingeniería calórica mundial. También para producir edulcorantes de alta intensidad y sustitutos de grasas.
- Para ciertas aplicaciones industriales como la fabricación de pegamentos, pinturas, espesantes y texturizantes en las industrias del papel y textil. En la producción de bioenergéticos (bioetanol).

Dentro del ámbito ecológico, empieza a ser fundamental para la fabricación de plásticos biodegradables, también se ha planteado su uso como material encapsulante de sustancias como proteínas, sabores y olores para su posterior liberación dentro de un producto alimenticio o farmacéutico (Doane, 1994).

Germen

El germen, puede representar alrededor del 11 a 12% del peso del grano de maíz, con un contenido entre 40 y 50% de aceite, funciona como un órgano o almacén de nutrientes y hormonas que son movilizados por enzimas sintetizadas durante la etapa inicial de germinación. Se separa del grano por métodos químicos, bioquímicos y mecánicos. La torta de germen se presenta como un coproducto del grano de maíz y puede incorporarse con otros ingredientes o comercializarse de forma independiente. Presenta alta aceptación en la producción de alimentos para nutrición animal, con niveles de inclusión variables, dependiendo de la especie a la cual se dirija. La composición nutricional de la torta de germen se encuentra con una proteína alrededor del 18%, fibra máxima del 7,5%, grasa superior al 7%, cenizas máximo 8,5%, humedad entre el 9,5 al 12%, y un contenido de nutrientes digestibles totales del 75% (García, 2018) .

Su valor comercial se incrementa con la extracción de su aceite ya que, este puede ser utilizado para alimentación humana y cosmética fundamentalmente pues posee nutrientes como: trazas de vitamina B1, de vitamina B2, de vitamina B5, de vitamina B6, y 31 de vitamina K (De Bernardí, 2016) .

Fibra

Las fibras son la parte celulósica del grano de maíz y consiste en dos fracciones diferentes, las cortezas y las fibras finas o sémolas. Son también separadas por diversos tratamientos y el predominio de celulosa en su composición les permite ser empleadas como forraje para la alimentación animal.

Gluten

El gluten es un concentrado proteico que puede separarse del grano, y puede emplearse de forma directa o ser sometido a hidrólisis para la obtención de aminoácidos. Puede vincularse con los componentes anteriores para potenciar su empleo como alimento animal (Madrigal, 2021a).

1.2- Aspectos relativos al Proceso Tecnológico de obtención de Almidón de Maíz.

1.2.1- Métodos de obtención de productos a partir del grano de maíz.

Existen dos métodos fundamentales para la obtención de los productos del maíz; siendo estos: molienda seca y molienda húmeda. Los cuales son utilizados para procesos diferentes en la industria como la obtención de aceites, harinas y almidón, entre otros.

Molienda seca

La molienda seca es practicada de forma artesanal y fue la primera técnica aplicada por diversas culturas para la obtención de productos derivados del maíz, las cuales se encargaron de introducir y aclimatar la planta en sus regiones. Su principal producto era la harina (o sémola de maíz molido) para la elaboración de arepas. También se utilizó en la fabricación de bebidas, alimentos y cereales (C. Tovar & Orozco, 2013).

Este método apunta a una completa separación de las partes del grano de maíz (pericarpio, germen y endosperma) hasta donde sea económicamente factible. De esta molienda se obtienen “*hominy grits*” –que derivan en la producción de polenta, harina de maíz, grañones y sémola de maíz-, cereales para desayuno (*flakes*, extrusados, inflados, perlados), *snacks* y sopas. A su vez, también como coproducto se obtiene el germen (aceite de maíz) (Castellano, 2014).

Con la aplicación de este tipo de molienda se produce una variada gama de productos alimenticios y no alimenticios. Para ello Existen tres procesos básicos: el proceso de molienda en piedras o equivalente, que produce una serie de harinas de distinto grosor, ricas en afrecho y germen. El segundo proceso y más común, se basa en la remoción del germen. El endospermo es entonces usado para producir diversas harinas y cereales para desayuno que tienen una buena conservación al retirar el germen, los principales subproductos de este proceso son: el germen que es usado para la extracción de aceites, la harina de germen desgrasada así mismo es obtenido el salvado. De este proceso se obtiene harina de maíz cruda, *grits* y harina gruesa. El tercer proceso se usa principalmente en la industria de bebidas, en la destilación de alcohol, que es la mayor consumidora de productos del maíz molidos en seco (Morataya, 2015).

La molienda seca de maíz comienza con la limpieza de los granos por zaranda, aspiración, mesa densimétrica e imanes, para eliminar granos quebrados, otros cereales, hojas, piedras, metales, partículas pulverulentas, etc. Seguidamente el grano se acondiciona para su posterior

degerminación. El proceso de acondicionamiento dependerá del tipo de producto que se quiera elaborar (Franco, 2004).

Por ejemplo, si se quiere elaborar un producto cervecero se debe degerminar eficientemente, por lo tanto, el acondicionamiento debe ser muy riguroso ajustando la humedad entre 16-17 % y dejando reposar el grano el tiempo suficiente para que el germen se humecte perfectamente. Los granos se humectan con agua mediante la utilización de rociadores intensivos para que adquiera una humedad de 22-25 %, dejándose reposar durante aproximadamente una hora. Posteriormente se degermina por fricción (sistema *Beall*), que produce la fractura del grano en dos o tres trozos y el desprendimiento del germen y el salvado (Álvarez, 2006).

El uso de molinos *Beall* permite la obtención de trozos de endospermo de gran tamaño para la elaboración de cereales para desayuno y la obtención de productos con menor contenido de grasa y fibra, es decir mayor eficiencia en la separación.

Otros métodos de degerminación menos utilizados emplean el grano en seco, con un contenido de humedad de 14-15 %, degerminando en molinos de rodillo acoplado a cernidores, o bien por centrifugación de impacto y separadores gravimétricos.

La fracción que contiene el germen sigue la línea de producción de extracción de aceite, como se explicó anteriormente. Tras la degerminación se reduce la humedad de los trozos de endospermo hasta 15,0-15,5 % en tubos rotatorios a 60-70 °C, y seguidamente se enfría por aspiración con aire para después cernir. Posteriormente se somete a molienda en una serie de molinos de cilindro; en los primeros aún se separa germen y se fragmentan trozos grandes hasta obtener el tamaño requerido. Todo el sistema se acompaña de cernidores planos, los cuales ayudan a la clasificación. Los productos derivados de la molienda seca de maíz son muy numerosos y su variedad depende en gran medida del tamaño de las partículas. Los productos que llegan al consumidor se dividen en tres grupos: harinas, sémolas o polenta y los trozos o *grits*, los que son utilizados para la elaboración de *snaks*, copos de cereal y barras de cereal.

Los subproductos de la molienda en seco son el germen y la cubierta seminal; el primero se utiliza para obtener aceite comestible de elevada calidad, mientras que la cubierta seminal, o pericarpio, se emplea fundamentalmente como alimento para ganado, aunque en los últimos años ha despertado interés como fuente de fibra dietética. El maíz colorado duro o *flint* es el

ideal en la industria de la molienda seca para obtener harinas, sémolas o *grits* (Castellanos, 2021) (**Anexo I**).

Molienda húmeda

La molienda húmeda es un proceso altamente sofisticado que por medios físicos y químicos separa los componentes del grano de maíz en una serie de productos útiles: almidón, gluten, germen y fibra. El proceso comienza con una maceración del grano con el fin de ablandarlo, seguido por operaciones de molienda y separación. Las fracciones tienen propiedades físicas diferentes por lo que pueden ser separadas por métodos basados en diferencias de densidad y tamaño de partícula. La característica básica de esta industria es lograr la separación de los principales componentes del maíz empleando grandes cantidades de agua, lo que la diferencia de la molienda seca de maíz, la cual puede ser comparada con la molienda de trigo (Madrigal, 2021b) .

Descripción del proceso de obtención de almidón por molienda húmeda.

En primer lugar, el maíz se limpia para eliminar todo tipo de material extraño. El grano se transporta a grandes cubas llamadas “tanques de maceración” en donde se remoja en una solución acuosa de SO_2 durante un período de 2 a 3 días, a una temperatura de aproximadamente 50°C . Durante el proceso de maceración, alrededor del 6% del peso seco del grano se disuelve. Estos componentes disueltos son la fracción nutritiva del extracto de maíz fermentado y condensado (licor de maceración) que luego se lleva a deshidratación. Luego de la maceración, el grano de maíz absorbió abundante agua y reaccionó con el SO_2 por lo que se ablandó lo suficiente como para poder ser desintegrado, inclusive, por simple fricción con los dedos.

Una vez terminado este proceso se realiza una primera molienda gruesa con el objetivo de separar el germen, que se seca y se destina generalmente para la elaboración de aceite. Luego de la separación del germen se muele en un molino de impacto para pulverizar las partículas de endosperma, mientras deja el material fibroso intacto. La suspensión se filtra en una serie de tamices, de ellos solo pasan el almidón y el gluten.

El almidón y el gluten se separan por centrifugación, donde la suspensión más liviana corresponde al gluten. Por otro lado, la suspensión o lechada de almidón se concentra y destina a diferentes procesos (Enrique, 2018). (**Anexo. II**)

1.2.3 Productos de la molienda húmeda. Aplicaciones e importancia.

Almidón nativo y almidones modificados.

Como productos de la molienda húmeda encontramos el almidón nativo y almidones modificados. El almidón se puede modificar químicamente para alterar sus propiedades funcionales y de esta forma ampliar su campo de aplicaciones. Dichas modificaciones pueden ser: adelgazamiento ácido, oxidación, “*cross-linking*”, derivatización, sustitución, entre otras. Por otra parte, existen tipos de maíces mutantes tales como, el waxy y el amilose 26 extender que también modifican las propiedades funcionales del almidón y, por ende, su espectro de usos. Los almidones nativos y modificados se usan en la industria de papel y cartón, textil, farmacéutica, alimenticia y otras, por su disponibilidad a bajo costo y porque puede ser convertido en una variedad de productos por medios químicos y bioquímicos.

Otros productos.

El almidón puede convertirse en alcohol combustible por fermentación. Incluso, se ha propuesto usar el almidón en la producción de plásticos porque es una fuente renovable y biodegradable. Puede ser empleado para obtener nutrientes de él, por ejemplo, el ácido láctico logrado mediante un proceso fermentativo es utilizado para la elaboración de ácido poliláctico (PLA), que es un polímero biodegradable y renovable. Es útil para usos biomédicos tales como, implantes, suturas, medios de diálisis, encapsulación de medicamentos y dispositivos de dosificación de medicinas. También se están evaluando sus propiedades como material para biotejidos. En forma de fibras y telas no tejidas, el ácido poliláctico (PLA) también tiene muchas aplicaciones potenciales, por ejemplo, como tapicería, ropa desechable, toldos, productos de higiene femeninos y pañales.

Además, a partir de él pueden obtenerse dextrinas y maltodextrina. Actúan como vehículos inertes en preparaciones como polvos para hornear y, como espesantes en alimentos procesados como salsas, sopas, caldillos, cremas que incluyen helados, pudines y repostería. También pueden usarse como un sustituto de ingredientes como el huevo y el aceite vegetal en la preparación de productos referenciados como bajos en grasa y no grasos de aderezos, ej. Ensalada.

La molienda húmeda de maíz genera también endulzantes calóricos, y subproductos como el *gluten meal* y el *gluten feed*. En el primer caso, se trata específica y principalmente de los Jarabes de maíz de alta fructosa 42 (JMAF) o JMAF 55, además del colorante caramelo,

jarabe de maltosa, jarabe de glucosa, extrosa y jarabes mezcla. Desde el punto de vista cuantitativo la fructosa es el producto derivado del almidón de mayor importancia en nuestro país. Se produce como jarabe, a dos niveles de concentración (42 y 55%), por hidrólisis del almidón y posterior conversión enzimática.

La producción enzimática de jarabes de fructosa conlleva la hidrólisis del almidón en dextrinas en un proceso denominado licuefacción y la hidrólisis de estos compuestos en unidades de glucosa en la sacarificación. Posteriormente, la glucosa es transformada en fructosa por medio de la enzima glucosa isomerasa.

El jarabe de 55% se usa principalmente en bebidas sin alcohol y aperitivos. El de 42% se emplea en bebidas gaseosas, alcohólicas, jugos, etc. Igualmente, en tortas y galletas, no sólo por su poder edulcorante sino también por sus cualidades como humectante y texturizador. Otros productos son: jarabe mezcla, glucosa, dextrosa, maltodextrina, etc. Todos con diversas aplicaciones, principalmente alimenticias (Enrique, 2018).

1.2.4 Aspectos teóricos vinculados con la preparación del maíz.

En el proceso húmedo los primeros tratamientos tienen la función de beneficiar el grano de maíz a partir de eliminar todas las impurezas que el mismo trae y que pueden afectar a los procesos de separación que le continúan, y además incluyen la maceración de este para asegurar el comportamiento adecuado de dicha secuencia de separación.

El grano de maíz es un mal conductor del calor, por eso, en los sitios donde hay aereación no es uniforme, por la presencia de materias extrañas, la temperatura y la humedad se eleva inevitablemente. Una vez que llega a la industria, pasa por un proceso de limpieza donde se eliminan todas las impurezas como: piedra, granos partidos, polvo, etc. Luego estos granos son enviados al área de remojo donde aumentan su volumen, es decir, se hinchan. Esto depende de varios factores; el maíz harinoso absorbe el agua más intensamente y en mayor cantidad que la especie silicosa, los granos pequeños y no bien maduros se hinchan más rápido y absorben mayor cantidad de agua que los grandes.

El ácido sulfuroso acelera el hinchamiento de los granos por la presencia de SO_2 , pues penetra y desagrega las moléculas de las proteínas, cambiándolas parcialmente en solubles. El pericarpio del grano cambia su estructura transformándose de semipenetrable a penetrable permitiendo mejor difusión de las estructuras solubles del grano al agua de remojo. Las partes

proteicas del endospermo silíceo pierde su estructura cristalina convirtiéndose en un gel, lo que va acompañado de ablandamiento de los granos. Efectuándose los procesos siguientes:

- cambian las propiedades mecánicas de los granos de maíz relacionados con el debilitamiento de los enlaces entre pericarpio, germen y endospermo.
- cambia la estructura del endospermo en relación con el debilitamiento de los enlaces entre las células del endospermo, también entre los granos del almidón y las proteínas en las células.
- gran parte de las sustancias solubles en agua pasa al agua de remojo.
- se efectúa la última limpieza superficial de los granos.
- el cambio en la estructura de los granos provoca la disminución de su resistencia mecánica.

Estos procesos se explican porque la difusión de los componentes es más intensa durante las primeras 10-12 h, en las cuales pasa al extracto 60% de todas las materias solubles. Las sustancias nitrogenadas solubles del germen difunden del grano en las primeras 24 h del remojo. Durante las siguientes 30-40 h pasa al agua de remojo, aproximadamente, el 10% de los componentes y el resto de las sustancias solubles queda en el maíz remojado.

Las proteínas del endospermo y pericarpio pasan al agua de remojo paulatinamente y durante todo el tiempo de que dure el proceso, lo que está relacionado con la degradación de las proteínas bajo la influencia del SO₂ y del ácido láctico (Madrugal, 2021b).

1.2.5 Productos asociados con la preparación del grano de maíz. Implicaciones e importancia.

Productos auxiliares para el proceso.

En el proceso tecnológico de obtención de almidón de maíz se utiliza azufre para la obtención del agua sulfurosa necesaria en el proceso. Este producto genera grandes afectaciones en la industria a lo largo del tiempo pues sus gases afectan corrosivamente a toda la instalación incluyendo al equipamiento encargado de procesarlo. Estas causas han llevado a plantear la utilización del *Green Sulf* en sustitución del azufre con el objetivo de minimizar estos problemas. Este nuevo producto es una innovación propia de la Empresa GydeMa pues no existe en la bibliografía antecedentes de su utilización en el proceso de obtención de almidón maíz.

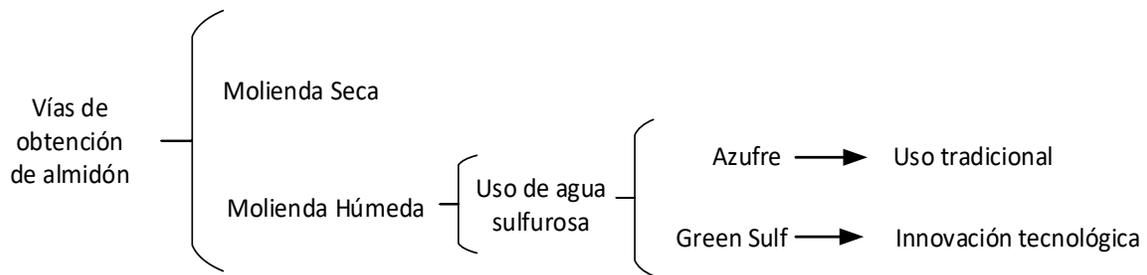


Figura 1.2. Vías de obtención del almidón y sus productos auxiliares. Fuente. (Madrigal, 2021b)

Azufre

El azufre se presenta en los 3 estados (sólido, líquido y gaseoso), tiene formas alotrópicas, sus estructuras cristalinas más comunes son el prisma monoclinico (azufre β) y el octaedro ortorrómbico (azufre α). A temperatura ambiente, la transformación del azufre monoclinico en ortorrómbico es más estable y muy lenta.

Al fundirlo, se obtiene un líquido que fluye fácilmente formado por moléculas S_8 . Sin embargo, si solo se calienta, pasa del color amarillo a un color marrón rojizo, incrementando su viscosidad. Esta estructura está constituida por moléculas S_8 , pero con estructura de hélice espiral. En estado de vapor normalmente a $780\text{ }^\circ\text{C}$ también se forman moléculas S_8 ; a temperaturas mayores cercanas a los $1800\text{ }^\circ\text{C}$ la disociación es completa y se encuentran átomos de azufre.

Es insoluble en agua, pero se disuelve en sulfuro de carbono. Se trata de una sustancia combustible que puede incendiarse por calor, fricción, chispa o llama. Quema con llamas azul pálido produciendo dióxido de azufre. Su temperatura de inflamación varía entre 168 y 180°C dependiendo del tamaño de la partícula.

Los óxidos más importantes son el dióxido de azufre, SO_2 (formado por la combustión del azufre) que en agua forma una solución de ácido sulfuroso, y el trióxido de azufre, SO_3 , que en solución forma el ácido sulfúrico, los sulfitos y sulfatos son sus sales respectivas.

Los compuestos de azufre son más abundantes que la sustancia simple. Estos se clasifican en dos grupos: sulfuros (galena, la blenda, las piritas de cobre, etc.) y sulfatos (yeso, celestina y baritina). Diversos microorganismos anaerobios reducen el azufre de sus sales y forman sulfuro de hidrógeno que se acumula en el agua de los yacimientos petrolíferos y en las zonas pantanosas, así como, en muchos lagos y lagunas donde integran una masa negra y legamosa que se considera "barro curativo" con fines medicinales.

Se usa como materia prima para la elaboración de ácido sulfúrico, como agente vulcanizador para el caucho en el procesamiento de la celulosa y en diversas actividades agrícolas. Se utiliza como: corrector del pH del suelo (en forma granular y al 80%), en la fabricación de pólvora, laxantes, fósforos e insecticidas.

Green Sulf

Este producto fue presentado en septiembre de 2013 en XIX Congreso de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA) y XX Congreso de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), con sede en Costa Rica. El evento por primera vez tuvo una participación integrada con las divisiones *Environmental Science* y *Bayer Agency Business* (BAB), donde se presentó un innovador producto, Green Sulf 2012: un decolorante y clarificante para jugo y meladura, de uso en fábrica en la producción de azúcar. Actualmente se usa en varios centrales de Centro América, el Caribe y América del Sur, dentro de los cuales Cuba tiene representación con el Ingenio Melanio Hernández (Sancti Spíritus) y el Ingenio Ciudad Caracas (Cienfuegos).

EL GREENSULF, se disocia en: $2(\text{HSO}_3)^- + 2\text{Na}^+$ (ion bisulfito + ion sodio). El bisulfito reacciona con grupos aminos que dan color. De la misma forma que lo hace el SO_2 en solución con quema de azufre.

Es un polvo de muy alta solubilidad en el agua, siendo una fuente de SO_2 en frío, segura y de fácil aplicación, sustituyendo el proceso de quema de azufre elemental o tanques de dióxido de azufre.

Su uso fundamental en la industria azucarera le confiere al proceso de clarificación y decoloración de jugos de caña, meladura y/o licores fundidos para uso en fábricas y refinerías de azúcar blanco o refino los siguientes beneficios.

- Reduce el consumo de energía.
- Simplificación del proceso.
- Mejor calidad de su producto final.
- Menor contenido de cenizas.
- No libera gases a la atmósfera.
- Equipos libres de corrosión

Su uso y aplicación en la obtención de almidón de maíz se justifica por las características fundamentales de este producto ya que no requiere quemar azufre ni ningún proceso de

combustión por lo que no hay pérdidas de SO₂ a la atmósfera y reduce las lluvias ácidas, es un proceso completamente flexible a cambios de flujo y se puede automatizar fácilmente, no requiere permisos engorrosos de los ministerios de defensa o seguridad pública para su adquisición y almacenamiento, además de ser sistema de aplicación muy sencillo y económico.

Efluentes del proceso

Los principales efluentes del proceso de obtención de almidón son coproductos del mismo. Estos son extraídos de la línea principal del proceso (germen, fibras gruesas, fibras finas, gluten), teniendo cada uno sus particularidades y aplicaciones. También existen otros efluentes como las aguas de desaguado, limpieza y lavado que son recicladas mediante un sistema de recuperación de aguas. Otros efluentes líquidos son enviados a residuales por no ser posible su recuperación. Dentro de todos estos efluentes destaca uno que a pesar de no ser un coproducto tiene una importancia significativa en el desarrollo del proceso productivo, siendo este el licor de remojo, del cual se profundiza a continuación.

- **Licor de remojo**

Es el líquido acuoso que se obtiene cuando el maíz se digiere con agua caliente con el fin de ablandar e hinchar el grano de maíz. Al mismo tiempo, el material soluble en el grano se extrae en el agua de maceración y este material es bajo las condiciones apropiadas fácilmente fermentables.

El líquido de maceración de maíz, que es rico en nutrientes, encuentra un uso como una materia prima para los organismos usados en la producción industrial de antibióticos como la penicilina. Para este propósito, el agua de maceración de maíz procedente de la maceración se somete a un procedimiento de evaporación para separar algo del agua y, de esta forma, concentrar los sólidos nutrientes deseados.

Es importante que el líquido de maceración de maíz usado por la industria de fermentación tenga una calidad constante. Los factores por los que se juzga la calidad son un bajo contenido de azúcares reductores, un elevado contenido de ácido láctico y un color pardo claro. La presencia de elevados niveles de azúcares reductores en el agua de maceración de maíz da lugar a la formación de compuestos tóxicos durante la evaporación y esterilización, reduciendo con ello el rendimiento a partir de una fermentación posterior.

Este líquido contiene microorganismos muertos, restos de proteína, grasas y carbohidratos digeridos, productos de desechos del metabolismo de los microorganismos y por tanto muchos compuestos químicos que incluyen ácido fórmico, acético, láctico, fítico, propiónico y butírico; alcoholes metílico, etílico y propílico (Madrigal, 2021b).

1.3 Tendencias actuales en la obtención de almidón de maíz y subproductos.

Al triunfo de la Revolución en Cuba, la Industria Alimenticia contaba con unos pocos talleres y fábricas, prácticamente artesanales y con una gran dispersión territorial, no constituyendo en ese momento sus residuales una amenaza significativa de contaminación para el medio ambiente. Comienza un proceso de renovación y desarrollo de esta rama con la ejecución de varias inversiones a partir de la década del 1970, lo que permitió que exista actualmente un sistema productivo de la Industria Alimenticia, distribuido por todo el territorio nacional que, por las características y volumen de sus residuales, constituyen una de las fuentes importantes de contaminación del medio ambiente del país.

Como parte del desarrollo tecnológico se han introducido en la industria métodos más sofisticados para la obtención de almidón de maíz y subproductos, un ejemplo de esto se observa en la industria de obtención de bioetanol, lo que ha permitido el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan una fermentación más eficiente del etanol y en la obtención de coproductos de alto valor añadido.

Se han desarrollado nuevos métodos que pueden proporcionar alimentos de alta calidad a través de mejoras en las propiedades fermentativas. Si el salvado y el germen se extraen del grano antes de la fermentación, se genera un coproducto con un alto contenido en proteína. Sin embargo, el rendimiento para la obtención de estos disminuye (Enrique, 2018).

1.4 Métodos para la estimación de los costos/beneficios. Métodos de Peters

La estimación de una inversión industrial tiene como premisa el conocimiento sobre el alcance de la inversión a desarrollar. El alcance del mismo determina la etapa de desarrollo en que se encuentra, la que a su vez determinará el rigor y la precisión del estudio económico a desarrollar. Estas etapas de desarrollo tecnológico pueden ser:

- Conceptualización del proyecto: se expresan los objetivos generales a lograr, tales como, producción a ejecutar y calidad de la misma, tecnología a emplear, índices de consumo material, criterios del mercado que avalan la oportunidad. Aun no se dispone de

información para hacer una estimación de valores de inversión a no ser informaciones referenciales sobre plantas semejantes y estudios previos.

- Ingeniería Conceptual: parte un diagrama de flujo más preciso sobre la tecnología seleccionada, de los balances de masa y energía del proceso y el dimensionamiento de sus equipos tecnológicos fundamentales. No se detallan otros equipos como bombas, filtros, etc. No existen especificaciones detalladas de los equipos. Es necesario estimar válvulas, componentes eléctricos, estructuras, etc. a través de indicadores porcentuales del equipamiento básico. Permite el desarrollo de un estudio de prefactibilidad.
- Ingeniería Básica: posee información detallada sobre todos los equipos que conforman la planta, incluidos los equipos auxiliares, están dimensionadas las bombas y líneas de proceso. Se dispone de ofertas de los equipos tecnológicos que satisfacen las exigencias técnicas de los mismos. Se dispone de oferta referenciales sobre otros suministros, tales como: piping, electricidad, instrumentación, estructuras, etc, que permiten estimar con una mayor precisión el monto de la inversión.
- Ingeniería de detalle: definición precisa de los equipos tecnológicos, tuberías, válvulas, instrumentos, materiales eléctricos y otros materiales de construcción. Disponibilidad de contratos y/u ofertas sobre los items a adquirir.

Estos estudios reflejan diversos niveles de precisión de la inversión, donde según algunos autores se corresponde con los índices orientativos (Cooney, s. f.).

Otros autores (Petrides, 2015) consideran que en el caso de bioprocesos los estimados basados en proyectos similares introducen un error de hasta un 50%, mientras que aquellos que se basan en el conocimiento de equipos básicos e ingenierías preliminares fluctúan entre el 25-30%, la ingeniería de detalle reduce el error en menos de un 15%, mientras que la etapa constructiva permite reducir el mismo en menos de un 10%.

1.5 Método Multicriterio

La metodología descompone un problema complejo en partes más simples lo que permitió que el agente ‘decisor’ pudiera estructurar un problema con múltiples criterios en forma visual, mediante la construcción de un modelo jerárquico que básicamente contiene tres niveles:

- meta u objetivo
- criterios y alternativas

- jugar un papel vital como herramienta de planeación

Adicionalmente, posee ciertas ventajas al ser comparada con las herramientas de decisión unidimensionales en la medida en que hace posible considerar un número amplio de datos, relaciones, criterios y propósitos, los cuales se presentan dentro de un problema de decisión dado en el mundo real que se estudia según un modelo multidimensional

La evaluación multicriterio considera factores de tipo cualitativo y cuantitativo; y considera la pluralidad de percepciones de los actores involucrados en el problema de decisión, la cual debe ser participativa para tomar decisiones y trazar alternativas para la solución de conflictos.

Componentes de una Evaluación del Método Multicriterio

Las etapas más importantes de una evaluación del método multicriterio son:

- Definición y estructura del problema: se define por el escenario de evaluación, la disponibilidad de información y los posibles conflictos entre diversos intereses de cada actor involucrado. Estos intereses, generalmente, se asocian al problema según dimensiones múltiples de evaluación que hacen necesario un tratamiento multicriterial y discreto.
- Descripción de alternativas potenciales: se considera posibles situaciones o escenarios de evaluación, es decir, son los elementos sobre los cuales se decide, La definición de las alternativas puede realizar tanto en una etapa previa a la evaluación multicriterio como en su mismo desarrollo.
- Elección de conjuntos de criterios de evaluación: un grupo de criterios debe cumplir con dos cualidades: - ser elegible (número de criterios suficiente para soportar un procedimiento de agregación) y – ser operativo (abarcar los múltiples intereses de todos los actores claves).
- Identificación de un sistema de preferencia para la toma de decisiones y elección de un procedimiento de agregación: asignación de peso, resaltando la importancia relativa de los diferentes criterios de evaluación, generalmente en decisiones donde no se comprometen varios actores y mediante procedimientos interactivos. En la conformación de las variables de evaluación se involucran tanto los actores como los decisores. (Grajales, 2013)

1.5.1 Método de Delphi

El método Delphi es un sistema dinámico, intuitivo y predictivo que se basa en el uso estratégico de las opiniones por parte de un panel de expertos sobre algún tema en particular, con el fin de llegar a soluciones específicas y una mejor toma de decisiones

Este método es versátil en cuanto a su aplicación, ya que puede utilizarse para diferentes disciplinas, sectores y temas; pero se utiliza principalmente en el ámbito empresarial. En general, este método puede servir como prospección sobre ventas, demanda, comportamiento de mercados, posibilidades de inversión y optimización de procesos.

Entre las principales funciones del método Delphi se destacan:

- **Ampliar el conocimiento:** al realizar las preguntas correctas y seleccionar adecuadamente el panel de expertos, obtendrás información valiosa que ampliará los conocimientos en materias y temas específicos.
- **Mejorar la toma de decisiones:** al tener mayor conocimiento e interpretaciones sólidas enfocadas en puntos cruciales en el negocio, podrás realizar una mejor toma de decisiones, que permitirá centrarte en estrategias efectivas. Esto ayudará a minimizar riesgos.
- **Visualizar escenarios:** el análisis que arroja el método de Delphi permitió ver escenarios más amplios y futuros a corto, mediano y largo plazo, así como, la evolución de elementos concretos. Así que la visión y considerar más factores socioeconómicos, ha permitido estar preparado.
- **Acelerar el crecimiento:** cuando logramos una prospección estratégica podemos emprender un camino más recto y sin obstáculos, que permiten acelerar el crecimiento con objetivos claros y acciones efectivas.
- **Resolver situaciones:** el método Delphi ofrece soluciones, así que una de sus principales funciones es la de resolver problemas, fallos o situaciones inesperadas, lo cual brinda los elementos para optimizar diversos aspectos en tu negocio.

Realización del método Delphi.

El método Delphi utiliza técnicas estructuradas y requiere un mediador, un cuestionario, el panel de expertos y la interacción. El mediador hará las rondas de preguntas a los expertos y recopilará las respuestas, para después hacer un análisis y llegar a conclusiones. Este proceso de comunicación grupal va más allá de una lluvia de ideas, por lo que una parte medular es

el rol del mediador, quien se encargará de realizar las preguntas fundamentales dirigidas al grupo de expertos.

Con base en el análisis de juicios de dicho grupo se obtendrán interpretaciones, escenarios futuros y así se podrá verificar cómo se irá transformando un elemento o una situación al paso del tiempo. De ahí su importancia y por qué las empresas lo utilizan como un método para la prospección (Palacios, 2023).

1.6 Plan de Mejoras

Un plan de mejora es un documento que contiene información, tácticas y tareas para optimizar los procesos en una empresa, a fin de impulsar su rendimiento. Se desarrolla con un enfoque sistemático y estructurado para lograr cambios efectivos que llevan a alcanzar los objetivos y promover una continua evolución.

Tipos de plan de mejora más comunes:

- Plan de mejora de procesos: este tipo de plan se enfoca en identificar y optimizar los procesos existentes en una organización, con el objetivo de aumentar la eficiencia, reducir costos, minimizar errores y optimizar la calidad de los productos o servicios. Con este plan, mejorarás los flujos de procesos en una compañía.
- Plan de mejora de calidad: este plan se centra en identificar y corregir deficiencias en los estándares de calidad de una organización. Incluye acciones para mejorar la satisfacción del cliente, eliminar defectos, fortalecer el control de calidad y establecer medidas preventivas para evitar problemas futuros.
- Plan de mejora de desempeño: este tipo de plan se utiliza para abordar deficiencias en el desempeño individual o de un equipo de trabajo. Incluye el establecimiento de metas específicas, la identificación de áreas de mejora, la implementación de capacitación y desarrollo, así como, la evaluación continua para lograr mejoras en el rendimiento.
- Plan de mejora de la experiencia del cliente: este plan se enfoca en mejorar la satisfacción y la experiencia general de los clientes. Incluye acciones para comprender las necesidades y expectativas de los clientes, mejorar la comunicación, optimizar los puntos de contacto con el cliente y garantizar un servicio de alta calidad en todos los aspectos de la interacción.
- Plan de mejora de la seguridad: este tipo de plan se implementa para identificar y reducir los riesgos y accidentes laborales. Incluye medidas para mejorar los protocolos de

seguridad, promover la conciencia y capacitación en seguridad y establecer procedimientos claros para minimizar los incidentes y garantizar un entorno de trabajo seguro.

Pasos para diseñar un plan de mejora de procesos empresariales:

- Identificar el proceso a mejorar: en este primer paso, identificar cuál es el proceso que se necesita mejorar. Ubicar en un diagrama de flujo que ilustre cuáles son los pasos que se están llevando a cabo para ese procedimiento en particular. De esta forma, podemos localizar con facilidad los puntos débiles.
- Analizar el proceso: una vez se encuentre trazado el proceso a analizar, examina, con detalles, cuáles son los aspectos que integran cada paso e identifica dónde pueden existir las fallas. Cuando estén localizado esos puntos débiles examina a fondo qué es lo que está sucediendo y cuáles son las causas de la deficiencia en el proceso.
- Reformular el proceso: ahora que conoces cuál ha sido la raíz del problema, es momento de replantear el proceso. El objetivo de este paso es mejorar lo que se tenía y evitar el problema que encontraste. Reúne a tu equipo de trabajo para que juntos, desde su experiencia, encuentren la solución. Teniendo en cuenta los indicadores de proceso que te ayudarán a afinar la estrategia.
- Redactar un plan de mejora: es momento de redactar el plan de mejora del proceso. Este incluye la solución y asigna los recursos necesarios para ejecutarlo. Señalar los cambios que se deben aplicar gracias a la información detallada que se ha recabado y cómo deben implementarse. Incluso, realizar otro diagrama que ilustre las tareas, los entregables y los recursos que deben considerarse en el proceso.
- Comunicar el plan de mejora: cuando el documento esté con la información del plan de mejora es momento de comunicarlo al equipo. Asegurar de que todos hayan recibido esta información y que estén de acuerdo en las tareas que les han sido asignadas: manteniéndose flexible ante los comentarios y escucha las reflexiones de todos.
- Ejecutar el plan de mejora: pon en práctica el plan de mejora en el proceso. Sigán al pie de la letra cada una de las tareas y asignaciones que se diseñaron en el plan de mejora para obtener los mejores resultados.
- Supervisar el plan de mejora: mientras ejecutan el plan de mejora, es importante que supervisar que el equipo esté aplicando las mejoras propuestas. Al mismo tiempo,

identificar las fallas que puedan surgir con un análisis en tiempo real, así se mejorarán como parte de un método continuo.

Beneficios de implementar un plan de mejoras de procesos.

Los beneficios de implementar un plan de mejoras de procesos son:

- Operaciones más eficientes: implementar un plan de mejora en los procesos permite aplicar acciones correctivas a aquellos que son deficientes y mejora el manual de procedimientos. Se logrará eliminar aquellos componentes que consumen mucho tiempo y que, además, son innecesarios, de esta manera, el trabajo será más eficaz.
- Mejora la gestión de la organización: los planes de mejora implican esfuerzos en equipo a partir de la gestión de los procesos y sus funciones. Esto resulta en el funcionamiento exitoso del proceso y en el perfeccionamiento en la organización de la empresa.
- Permite tomar mejores decisiones: sin duda, uno de los grandes beneficios de emplear planes de mejora en los procesos es la toma de decisiones informadas que impulsan la optimización.
- Mejora la productividad: por medio de un plan de mejora en el proceso, se pueden poner en práctica aplicaciones de automatización para que los empleados mejoren su productividad. Al simplificar tareas repetitivas, podrán dedicar su tiempo a labores más estratégicas. De esta forma, se promueve la productividad en general.
- Satisfacción de empleado: cuando los procesos funcionan de manera correcta, los miembros de los equipos están más motivados. Por el contrario, un proceso ineficiente podría generar frustración en los empleados, pues les hace sentir que sus esfuerzos no valen la pena. Un plan de mejora de procesos bien elaborado podría mejorar la satisfacción de los trabajadores y promover la participación en el proceso.
- Satisfacción del cliente: el plan de mejoras es un proceso con enfoques internos y externos. El resultado final de cada procedimiento es cubrir las necesidades de los clientes y su punto de vista del producto o servicio. La implementación de este análisis aumenta el valor de los procesos y asegura su éxito (Rodrigues, 2023).

Conclusiones Parciales

1. Los fundamentos teóricos sobre la investigación permitieron conocer las características del proceso y sus particularidades para la elaboración de almidón de maíz. Así como, las herramientas más recomendadas para la evaluación.
2. Fueron seleccionados el método Delphi y el método de Peters para ser desarrollados en la investigación.

Capítulo II. Metodología para la elaboración del plan de mejoras.

En el presente capítulo se establece el hilo conductor de toda la investigación. En la misma se expresan las herramientas, métodos e instrumentos metodológicos utilizados en la ingeniería química que serán aplicados en esta investigación. En la Figura 2.1 se muestra gráficamente la secuencia utilizada comenzando con el establecimiento de los fundamentos científicos que sustentan la investigación hasta la culminación del texto con la exposición y discusión de los resultados y las conclusiones y recomendaciones que se derivan del mismo.

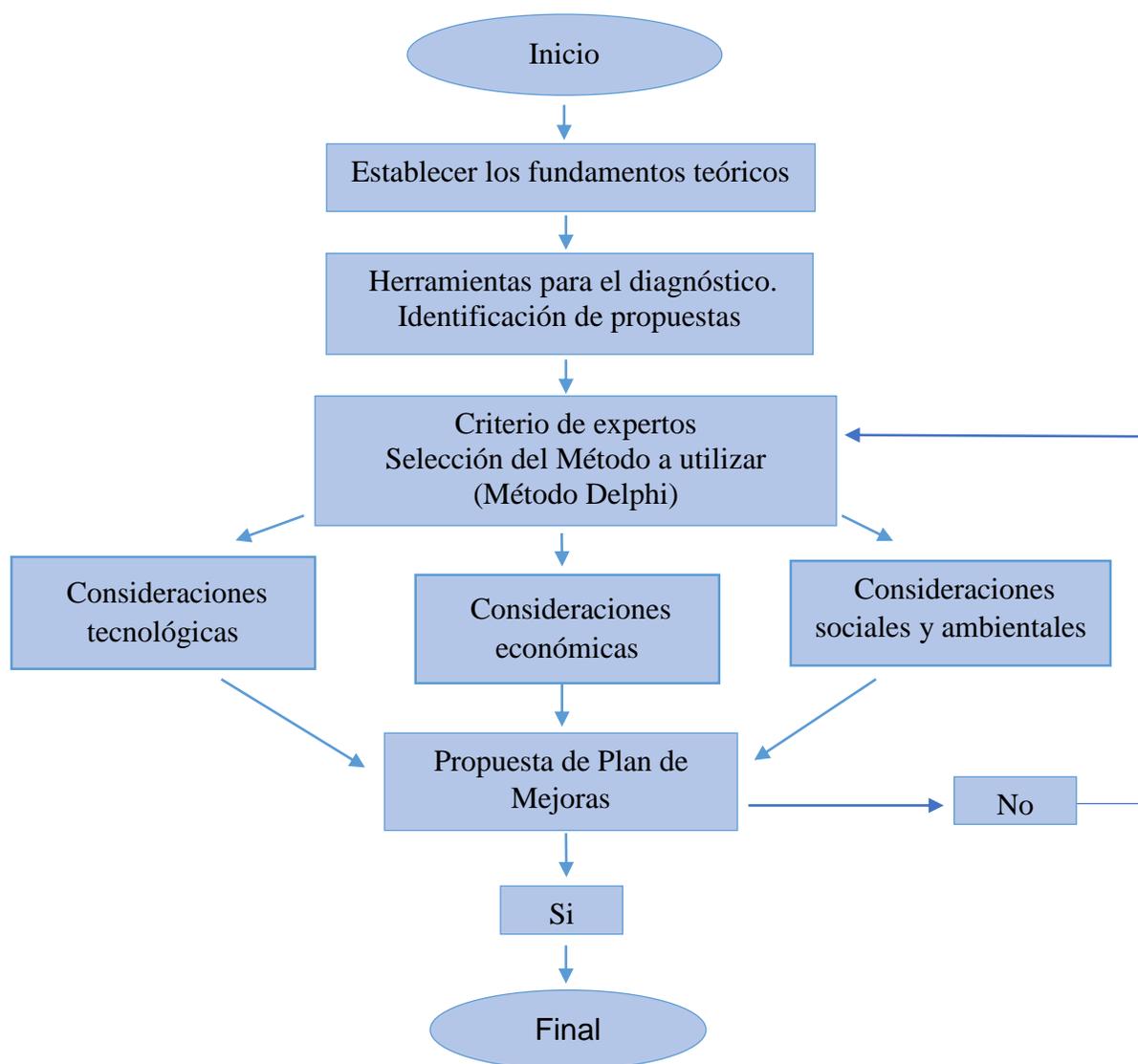


Figura 2.1. Diagrama heurístico de la metodología utilizada. **Fuente.** Elaboración propia

2.1 Identificación de la Planta de Almidón en la Empresa GydeMa.

2.1.1 Características generales de la planta.

La Empresa Glucosa Cienfuegos es única en su tipo en nuestro país, esta se encuentra localizada en la Zona Industrial # 2 del Reparto Pueblo Grifo, en la provincia de Cienfuegos, exactamente en la periferia noreste de la ciudad cabecera. Limita al norte con la Empresa DIVEP, al este con la Fábrica de Hielo, Almacenes de Productos Frescos y con la Línea de Ron HRL, por el oeste con la Carpintería en Blanco y el Taller de Ómnibus Escolares, limitando al sur con el asentamiento poblacional de Pueblo Grifo. Conocida comercialmente con el nombre de GydeMa (siglas de Glucosa y Derivados del Maíz), fue fundada en 29 de diciembre de 1979, perteneciente al Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL).

Fue concebida por la máxima dirección del país con el objetivo principal de producir Sirope de Glucosa Ácida, materia prima para la producción de caramelos para la exportación y el consumo nacional, así como, para el uso en la industria confitera, la elaboración de bebidas, licores, conservas, compotas y para los varios usos del almidón de maíz y sus subproductos, también de una forma perspectiva para lograr constituirse en fuente de ingresos en divisa a través de las exportaciones de algunas de sus producciones. Su puesta en marcha fue en 1980 después de un período inversionista que duró 6 años, con una tecnología concerniente al área capitalista, fundamentalmente a la firma Alfa Laval de procedencia sueca y a la DDS Kroyer de Dinamarca.

La misma fue diseñada para procesar diariamente 90 toneladas de Sirope de Glucosa, 9 toneladas de Gluten, 7 toneladas de Germen, 19 toneladas de Licor de Remojo y 21,5 toneladas de Forraje. Su proceso tecnológico comprende la Planta de producción de Almidón, la Planta de producción de Glucosa. Además de un sistema de facilidades auxiliares comunes como son: el sistema de generación de vapor y la planta de tratamiento de residuales donde se procesan los residuales del proceso industrial, más los albañales.

En la actualidad la empresa pertenece al Grupo Empresarial Labiofam (Laboratorios y Farmacias, por sus siglas) Cienfuegos. Después de más de 40 años de explotación las condiciones de la propia Empresa y el escenario actual han afectado las producciones, pues la falta de maíz, materia prima fundamental importada, ha sido una de las primeras causas para que las producciones planificadas no sean alcanzadas. Otra de las causas para el incumplimiento es la falta de piezas de repuesto y de un mantenimiento limitado. Estas

circunstancias reducen al 50% la capacidad de operación de la planta. Aun con estas dificultades se elaboran una amplia gama de productos que se comercializan para la alimentación humana y animal, con la mejor calidad y eficiencia posible. Algunos de sus productos sirven de soporte productivo a la Fábrica de Sorbitol de Camagüey y a las de Confituras y Conservas en el país.

2.1.2 Caracterización del ambiente político – social y laboral de la Empresa:

La empresa de GydeMA tiene como principal misión 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 posible, garantizando la plena satisfacción de nuestros clientes.

Objeto social:

- Producir, transportar y comercializar de forma mayorista, productos alimenticios derivados del maíz.
- Brindar servicios de alquiler de transportación especializada y de carga, en moneda nacional.
- Ofrecer servicios de reparación y mantenimientos eléctricos, de instrumentación a equipos automáticos, informáticos y de comunicación a entidades en moneda nacional.

2.1.3 Estructura de la Empresa Productora y Comercializadora de Glucosa, Almidón y Derivados del Maíz (GydeMa).

En el (Anexo III) se muestra la Estructura Organizativa General de la Empresa. En la misma laboran actualmente un total de 207 trabajadores, de ellos 27 son profesionales de nivel superior, 99 técnicos medios, 23 con nivel medio superior y 58 con noveno grado, distribuidos por las diferentes áreas, garantizando con su trabajo la gran diversificación de las producciones y los servicios. Del total 173 son directos a la producción y se distribuyen por categoría ocupacional como sigue: 16 dirigentes, 11 de servicios, 54 técnicos y 126 obrero, como se muestra en la Figura 2.2.

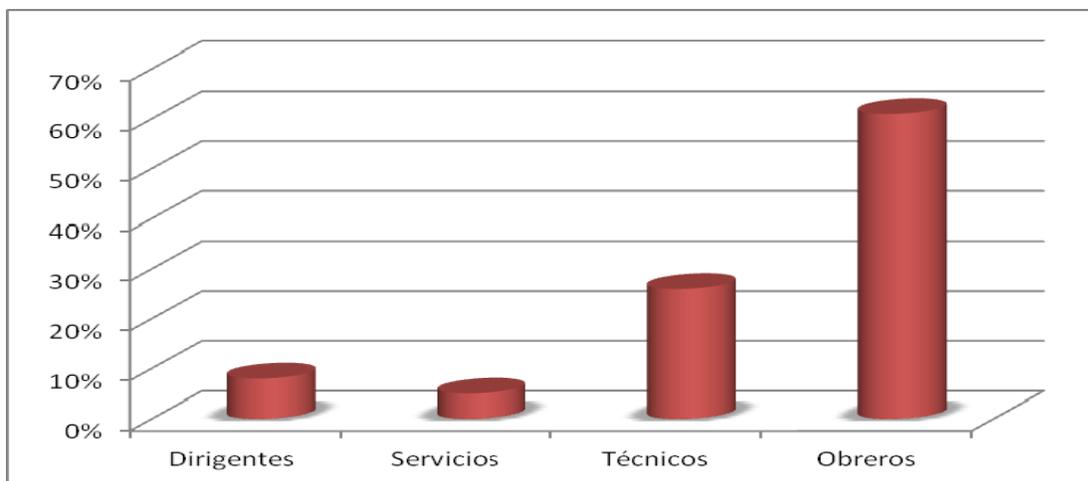


Figura 2.2. Distribución de trabajadores por categoría ocupacional. Fuente: Elaboración propia.

2.2 Descripción general del Proceso Tecnológico.

El maíz llega a la fábrica en camiones, es pesado en la báscula situada a la entrada, para luego ser descargado en un embudo o pipa de relleno que tiene una capacidad de 40 t. Después de esta operación se dirige a una plataforma donde se realiza la descarga del mismo. Luego mediante un sistema de transportadores horizontales y verticales el maíz es elevado y descargado en el silo de almacenamiento de la fábrica el cual no está diseñado para almacenar maíz por un gran espacio de tiempo, el cual tiene como fin compensar fluctuaciones de los camiones.

Después de arrancada la sección y comprobar el funcionamiento de todos los equipos se abre la compuerta de salida de 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 a dos separadoras de mallas eliminando principalmente pajas, pedazos de mazorcas y maíz partido. Esta sección se ha organizado con un sistema de aspiración de polvo especial lo que garantiza que todo este producto vaya al silo de maíz partido para ser usado como alimento animal unido al resto de las materias rechazadas.

Un siguiente tamiz combinado con aspirador quita arena, granos muertos y piedrecitas trabaja bajo el principio de lecho fluidizado, finalmente en tamiz de tambor realiza una clasificación de control. Las materias rechazadas de las mangueras de limpieza se colectan en posiciones diferentes y son almacenados finalmente en un silo.

Para medida de admisión de la materia prima una báscula aporta 300 pesadas de 100 kg cada una para el llenado de cada tanque de remojo; las mismas son controladas por el operador. Un transportador lleva el maíz limpio y otro horizontal es encargado de distribuirlo en el tanque de remojo a llenar. Inicialmente al tanque limpio se le da cierto nivel de agua sulfurosa hasta el cono para evitar que el maíz se dañe en la caída. Se llena el tanque de maíz, se sumerge éste completamente en agua sulfurosa con una concentración aproximada de 1500 a 2000 ppm la cual se calienta de 50 a 53 °C para de esta forma eliminar una indeseable actividad microbiana y una solubilización eficiente de las sustancias solubles del maíz.

La maceración se realiza con agua sulfurosa porque el azufre rompe los enlaces del almidón, siendo más fácil su separación y la de los demás componentes. En esta sección existen 10 tanques de maceración con un volumen de 45 m³ (aproximadamente 30t), los mismos tienen recirculación propia de agua y entre ellos mismos. El agua alimenta continuamente al tanque que contiene el maíz más viejo (o el de mayor tiempo en esta área) se bombea a través de todos los tanques y se extrae por el tanque donde se encuentra el grano más nuevo. La alimentación y extracción de agua de remojo cambia a nuevos tanques cíclicamente en la medida que los tanques cumplen el ciclo de remojo, esta operación varía entre 40 y 60 h en dependencia del tipo de maíz.

Cuando un tanque se esté vaciando de agua, no habrá recirculación a este tanque ni entrada de agua a la sección. Una vez completada la operación el maíz se retira del tanque por el fondo y se envía a un transportador deshidratador (tornillo sin fin) hasta la sección de molienda.

El grano llega al primer molino (Molino Previo 1) donde se rasga o se parte el maíz para de esta forma liberar el germen y facilitar después la separación de los demás constituyentes. Posteriormente se pasa a los degerminadores 1 y 2, donde se separa el germen por diferencia de densidad. Como el germen es rico en grasa se separa de la mezcla por reboso, mientras que el resto de los componentes van al fondo. La solución acuosa libre de gran parte del germen es transportada por un tornillo sin fin deshidratador hacia el segundo molino (Molino Previo 2) donde se terminan de desgarrar los granos y se libera el germen que haya quedado. Posteriormente se bombea la solución acuosa hacia el degerminador 3 donde se retira todo el germen restante.

Por último, la solución libre de germen se envía al molino fino donde se tritura el grano como tal. Una vez triturado el grano se bombea al área de lavado de fibra, porque el maíz posee una parte celulósica que es necesario retirar, compuesta por dos tipos de fibra, la gruesa y la fina. Estas fibras se lavan por separado para así obtener mejores resultados a la hora de extraer el almidón que contienen. Primeramente, se procede al lavado de la fibra gruesa en un equipo compuesto de una serie de tornillos sinfin dentro de cilindros de malla, aquí se separa la fibra gruesa y se envía la solución al lavado de fibra fina donde se separa esta última. Los dos tipos de fibra se unen para formar el forraje y la lechada de almidón resultante del proceso de lavado se recepciona en el tanque de almidón crudo.

La lechada de almidón proveniente de los tanques se envía hacia un sistema de pequeños filtros los cuales retiran impurezas que pudieran dificultar el funcionamiento de la centrifuga encargada de separar el almidón del gluten (proteína insoluble del maíz). Por la fuerza centrífuga el gluten se separa por reboso y el almidón por el fondo se envía a la siguiente etapa. El refinado consiste en terminar de separar el almidón de la proteína, para esto se pasa la lechada por una serie de centrífugas (1er, 2do y 3er refinado). En esta sección se lava el almidón con agua a contracorriente y en el 3er refinado se envía esta agua a una centrífuga denominada concentrador de *middlings* (principalmente proteínas y granos de almidón), aquí se separa el agua de la lechada esta última se envía al tanque de almidón crudo y el agua se reincorpora al proceso. En el 3er refinado se recircula lechada al separador primario y el almidón ya refinado se envía a tanques de almacenamientos (Refinado, Misceláneo y Gluten) para posteriormente ser secado para la Producción de Almidón (Maicena) o para el Tanque 1140 y 1150 con determinadas características de Calidad para la Producción de Glucosa Ácida o Enzimática.

El almidón en suspensión acuosa proveniente del tanque de refinado por bombeo sufre un mezclado en tubería con agua para ajustar la densidad al valor deseado (12 a 13 °Bé); llega a la bandeja del filtro. El desaguado ocurre por efecto al vacío aplicado al filtro rotatorio con descarga por cuchilla. Por medio de un transportador de tornillo sinfin es alimentado al secador del túnel. El almidón proveniente de la sección anterior posee una humedad aproximada de un 43% y se transporta a un secador neumático calentado por vapor el cual a través de un ventilador con aire caliente eleva el almidón.

Una vez en la parte superior del secador se alimenta a dos torres por el costado logrando un efecto de ciclón, de esta manera se seca aún más el almidón y se separa gran parte del aire caliente del mismo. Cuando el almidón llega a la base de las torres una parte se recircula a la etapa del desaguado, de esta forma se facilita el posterior secado de la pasta que retiran las cuchillas. El resto del almidón se envía a un tamiz para separar posibles impurezas y partículas de almidón que no se secaron completamente. El almidón proveniente del tamiz se almacena temporalmente para después empaquetarlo en sacos de 20 kg. (**Anexo IV**)

2.2.1 Análisis de la estructura del sistema productivo.

La estructura del sistema productivo se identificó como un sistema químico tecnológico con 6 unidades de producción, incluyendo además un sistema de generación de vapor, un sistema de acopio y abasto de agua y una planta de tratamientos de residuales. La Tabla 2.1 muestra las unidades productivas y los principales productos que comercializan y que aportan a la cartera de la empresa con destino al consumo humano y animal.

Algunos coproductos del proceso principal de obtención de almidón se comercializan independientemente como el germen y el forraje, los cuales son suministrados también a la planta de pienso. Los lodos del sistema de tratamiento de residuales también recuperados y vendidos para la alimentación animal por su elevado contenido de proteínas.

Tabla 2.1. Unidades productivas y productos en la Empresa GydeMa.

Unidad Productiva	Productos
Planta de Almidón	Almidón nativo
Planta de Glucosa	Jarabe de glucosa
Planta de Mezclas Secas	Natillas saborizadas Desayuno de chocolate Polvo para hornear Mezcla para panetelas
Planta de Pienso	Mezclas proteicas
Planta de Siropes	Siropes saborizados
Planta de Vimang	Concentrado acuoso Vimang

Fuente. Elaboración propia

En la planta de almidón se establecieron 4 sistemas tecnológicos secundarios o auxiliares uno de ellos es el encargado de proveer a la etapa de maceración del grano de maíz, materia prima fundamental, de un agente químico (agua sulfurosa) que permite realizar la operación en las condiciones óptimas. **(Anexo V)**

Los sistemas tecnológicos auxiliares identificados son:

- Generación de agua sulfurosa
- Recirculación y recuperación de aguas de proceso
- Tratamientos al germen
- Tratamientos a las fibras

Microestructura básica de la planta de almidón

La calidad de operación de la planta de almidón se caracteriza por tener una microestructura sólida y eficiente que le permite operar de manera eficaz en el mercado. Su estructura organizativa está diseñada de manera que cada departamento y área de la empresa cumpla con funciones específicas y contribuya al logro de los objetivos generales de la organización.

(Anexo VI)

2.2.2 Características del equipamiento

El equipamiento empleado en la Empresa es en su gran mayoría de acero inoxidable pues además de ser una producción que es empleada como alimento, en el proceso el agua empleada está sulfurada por lo que para evitar los enormes daños corrosivos se emplea el acero inoxidable.

El plan de mantenimiento de la empresa está diseñado para atender los fallos inesperados y realizar las reparaciones de los equipos en los tiempos previstos para que el proceso productivo esté funcionando de manera correcta. Según testimonios de un representante del sector de mantenimiento se conoce que la empresa desde sus inicios estaba diseñada para trabajar de forma continua, debido a las faltas de materias primas y otros problemas, la producción no cumple con esto por lo que el equipamiento sufre más los efectos negativos de los materiales que se procesan. Para erradicar este evento mantenimiento tiene un plan de monitoreo y reconocimiento que logra prevenir situaciones inesperadas.

2.3 Descripción literal del proceso de producción de almidón de maíz en la sección de limpieza.

2.3.1 Recepción del maíz:

El objetivo de esta sección es recibir y almacenar maíz transportado a la fábrica en camiones procedentes de los silos de almacenamiento o el transporte marítimo.

Tabla 2.2. El maíz se recibe con las características siguientes:

Humedad	15 % máx
Almidón	70 % mín
Acidez	40 % máx.
Germinación	55 % mín.
Viabilidad	55 % mín.
Impurezas	5 % máx
Olor	Característico
Aspecto	saludable

Fuente. Elaboración propia.

El maíz llega a la fábrica por medio de camiones que descargan el maíz en el embudo o pipa de relleno (capacidad del embudo 40 t). Mediante un sistema de transportadores horizontales y verticales el maíz es elevado y descargado en el silo que no está diseñado para almacenar el maíz por un gran espacio de tiempo, su objetivo es compensar fluctuaciones de los camiones.

La limpieza comienza cuando el maíz es transportado de los silos al tamiz vibratorio donde se separan principalmente pajas, pedazos de mazorca, piedras, etc. El tamiz está combinado con un aspirador el cual retira arena y polvo. Este equipo también separa granos muertos, granos con desperfectos y partículas de menor tamaño que el maíz. Posteriormente el maíz pasa a un tamiz rotatorio donde se realiza una clasificación de control removiendo, granos con desperfectos, piedras y otros materiales. El polvo se envía a un filtro de manga para posteriormente ser usado en la elaboración de pienso al igual que los granos defectuosos. Después el maíz se envía a una balanza (100 kg capacidad) donde se pesa para después ser elevado (mediante un transportador de cangilones o de cubo) hasta un distribuidor de cadena, el cual distribuye el maíz a los tanques de remojo. La Figura 2.3 Muestra el diagrama de flujo de la sección de limpieza.

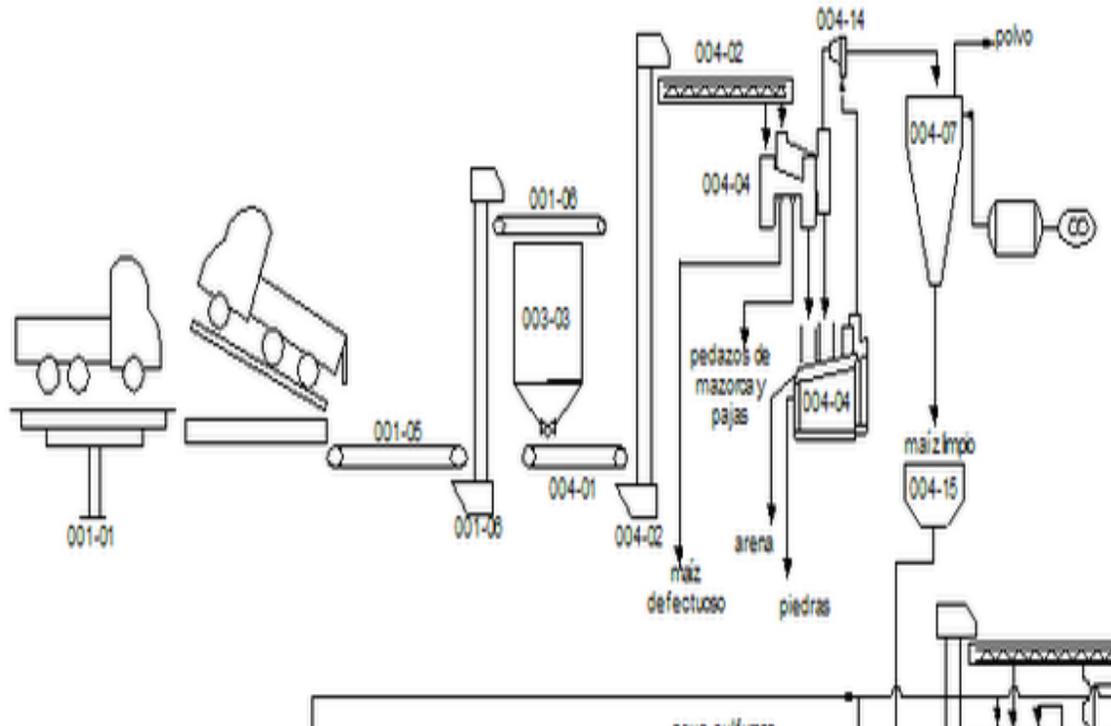


Figura 2.3. Diagrama de flujo de la sección de limpieza.

(Ver Anexo VII. Diagrama de bloque de la sección de limpieza).

Toda la sección trabaja a baja presión, es decir, bajo la acción de un sistema de aspiración que hace que en todos los equipos se realice extracción de polvo, que se recoge en un filtro de mangas que descarga entonces este polvo en sacos. Para la limpieza de las mangas se cuenta con un sistema automático que consta de un compresor y un tanque de presión que dispara un chorro de aire en sentido inverso al flujo, desprendiendo el polvo adherido a las mangas; este disparo de aire se hace a una presión de $0,5 \text{ kgf/cm}^2$ ($48,53 \text{ kPa}$).

Especificaciones de calidad del producto en proceso.

Maíz limpio.

- Impurezas 2,5 % máximo.
- Granos partidos 6 % máximo.

2.3.1 Equipos fundamentales de la sección y sus características.

004 – 01 – Transportador vertical.

004 – 02 – Distribuidor.

004 – 03 – Separador de granos.

004 – 04 – Separador intermedio.

004 – 05 – Esclusa del aire.
004 – 06 – Ventilador Centrifugo.
004 – 07 – Filtro de Inyección.
004 – 08 – Esclusa de aire.
004 – 09 – Soplador.
004 – 10/– 11 – Separadores de Piedra.
004 – 12/–13 – Ventilador.
004 – 14 – Criba de tambor.
004 – 15 – Báscula automática.
004 – 16 – Ventilador vertical.

- Transportador vertical (004 – 01): este transportador es el encargado de elevar el maíz hacia la sección de remojo entregándolo al transportador 005 – 30. Es de cangilones y su capacidad es de 10 t/h.
- Separador de piedras (004 – 10/– 11): este equipo es el encargado de eliminar las piedrezuelas del mismo tamaño que los granos de maíz. Esto se realiza por medio de un proceso que recibe el nombre de lecho fluidizado (esto se logra por medio del peso específico). Existen dos equipos con una capacidad de 5 t/h cada uno.
- Ventilador (004 – 12/–13): estos ventiladores están colocados con el objetivo de evacuar polvo. Tiene una capacidad de 75m³/min, o una presión de 0,022 kg/m², y 20 °C, posee 3470 RPM.
- Criba de tambor (004 – 14): este equipo es el encargado de eliminar los granos muertos y partidos esto lo logra por medio de un tambor inclinado el cual gira a 24 RPM. Posee una capacidad de 10 t/h y un motor trifásico de 440 voltios (V).
- Báscula automática (004 – 15) este equipo es el encargado de pesar el maíz y posee un cubo con capacidad de 100 kg. Luego de ser descargado tiene un mecanismo por el cual se puede determinar o fijar los volteos necesarios. Su capacidad es de 10 t/h.

2.4 Análisis de las condiciones iniciales para el Área de Limpieza

El área de limpieza de la Empresa GydeMa es la encargada, una vez que el maíz esté limpio, de distribuirlo por medio de transportadores hacia el tanque de remojo a llenar tal y como se describió al inicio del Capítulo II de este informe.

Es importante señalar que la sección de limpieza en particular, se encuentra en un estado técnico crítico, con equipos necesarios a sustituir; como son los aspiradores de polvo y los separadores de piedras. Esto significa que de no ser posible la implementación de este Plan de Mejoras esta instalación está obligada al sometimiento de una reparación parcial de envergadura para lograr su plena disponibilidad operacional. Esta situación debe ser considerada en este estudio, pues como quiera que representa la condición operacional actual (de la sección), ella implica inversión y mantenimiento que demandan de gastos financieros para su ejecución.

En sentido general, las instalaciones genéricas de la Empresa GydeMa tienen ya 40 años de explotación, entre ellas la Planta de Almidón y sus unidades adyacentes. Las condiciones de instrumentación son críticas en algunas áreas por lo que la validación de parámetros tecnológicos no siempre puede ser garantizada, y la necesidad de establecer supuestos y asumir valores puede generar cierta incertidumbre en cualquier estudio técnico que se realice en ellas.

2.5 Principales herramientas utilizadas para el diagnóstico

2.5.1 Encuestas y entrevistas

Entrevista

La entrevista es un instrumento fundamental en las investigaciones sociales, pues a través de ella se puede recoger información de muy diversos ámbitos relacionados con un problema que se investiga, la persona entrevistada, su familia, y el ambiente en que se halla inmersa. Además, resalta que el éxito o fracaso de esta técnica depende directamente de la persona y de la disposición del entrevistador. En este sentido, es significativo señalar que los atributos personales que exige la entrevista son los mismos que en otros aspectos de la investigación y giran siempre en torno a la confianza, la curiosidad, la naturalidad, es decir promover en este ámbito una adecuada interacción, que favorezca un vínculo de amistad, un sentimiento de solidaridad y unión en busca de la solución de la problemática objeto de estudio.

El éxito de esta técnica radica en la comunicación personal, en el vínculo que se establezca persona a persona. Algunos elementos a tener en cuenta para planificar una entrevista son:

- Adecuada selección del contenido y estructuración adecuada de las preguntas, insistir en las preguntas abiertas.
- Crear un clima favorable y hacer que la gente se sienta cómoda.

- Realizar una adecuada orientación, tanto en el marco de la entrevista como en el contenido de la misma.
- Propiciar una adecuada comunicación, siempre tener planificadas las preguntas, con cierta flexibilidad, nunca caer en la improvisación.
- La conversación no sigue un esquema rígido de desarrollo, razón por la cual, es posible retroceder, retomar temas ya tratados.
- Mantener la conversación con incentivos que garanticen e incrementen la motivación, el interés y la participación espontánea.
- La amistad no debe interferir en el carácter profesional de la entrevista.
- Relación amistosa entre entrevistador y entrevistado.
- En algunos momentos se hace necesario cambiar de actividad, para luego retomar la misma.
- Concretar progresivamente la conversación para obtener datos cada vez más reveladores, más significativos.

Durante el desarrollo de la entrevista el entrevistador juega un papel fundamental, pues debe intervenir de forma tal que oriente o influya en la respuesta del entrevistado. Se trata de una forma de sugestión que se da la mayoría de las veces de forma inconsciente, tanto por parte del entrevistador como por parte del entrevistado (Cortés & Iglesias, 2004).

Encuesta

Según (Trespacios et al., 2005), las encuestas son un instrumento de investigación descriptiva que precisan identificar a prioridad las preguntas a realizar, las personas seleccionadas en una muestra representativa de la población, especificar las respuestas y determinar el método empleado para recoger la información que se vaya obteniendo.

La encuesta realizada a los trabajadores en la empresa se realizó para recopilar información importante sobre las dificultades existentes en el área de limpieza. Se trianguló con la información obtenida por otras fuentes y sujetos: en este caso, se priorizaron las opiniones de los trabajadores y la revisión de los documentos normativos. A continuación, se explica cómo se llevó a cabo la encuesta:

- Definición del objetivo: se estableció claramente el propósito de la encuesta. Con el objetivo de elegir a los trabajadores que serán los encargados de seleccionar la herramienta más conveniente para la investigación planteada.

- Diseño del cuestionario: se creó un cuestionario para conocer el nivel de conocimiento que poseen los empleados en la sección de limpieza. **(Ver Anexo VIII)**
- Realización del cuestionario: se optó por la realización del cuestionario a los ingenieros, técnicos y operadores de la empresa.
- Análisis de resultados: una vez finalizada la encuesta, se analizó los datos recopilados. Utilizamos herramientas estadísticas para identificar tendencias y patrones en las respuestas. También se realizó un análisis cualitativo de los comentarios abiertos proporcionados por los empleados.
- Informe y acciones: con base en los resultados obtenidos, se generó un informe detallado, utilizando el Método de Delphi.

2.5.2 Discriminación simple

La discriminación simple es un método de muestreo aleatorio que consiste en seleccionar al azar un subconjunto de la población total.

Para llevar a cabo este proyecto se llevó a cabo los siguientes pasos:

- Identificación de la población: se identificó a todos los trabajadores que formarían parte de la población, objetivo para la encuesta. Esto incluyó a todos los departamentos y niveles jerárquicos dentro de la empresa.
- Selección de la muestra: se seleccionó al azar una cantidad determinada de trabajadores para formar parte de la muestra. Esta cantidad puede variar dependiendo del tamaño de la población y el nivel de precisión deseado.
- Comunicación y participación: una vez que se seleccionó la muestra, se les explicó a los trabajadores seleccionados el propósito de la encuesta, así como, las instrucciones para completarla.

Al seleccionar al azar a los empleados de la empresa, se pudo obtener una variedad de perspectivas y opiniones en la encuesta, lo que permitió obtener información valiosa para la realización del proyecto.

2.5.3 Métodos de Peters

Métodos de estimación de la inversión fija.

La mayoría de los métodos de estimación de la inversión fija se sustentan en la estimación del valor del equipamiento tecnológico. En la literatura existen diversos reportes que

relacionan el costo de los equipos contra su indicativo de capacidad. (volumen, diámetro, área de transferencia, etc) (Loh & Lyons, 2002).

La disponibilidad de ofertas recientes de equipos similares, aun de capacidades diferentes, constituye tal vez un mejor estimado si se conocen las relaciones de cambio de costo vs capacidad, generalmente expresadas a través de la ecuación:

$$C_2 = C_1 \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^n \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde el exponente “n” adopta diversos valores en dependencia del equipo en cuestión.

Algunos de estos exponentes se resumen en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Exponentes típicos de Costo de equipos vs Capacidad

Equipo	Unidad	Exp. N
Colectores de polvo (tela filtrante)	pie ³ /m	0,68
Compresores de aire de simple etapa	pie ³ /m	0,67
Filtros prensa	pie ²	0,58
Secador de tambor rotatorio	pie ³ /m	0,80
Secadores de aire	pie ³ /m	0,56
Secadores de tambor al vacío A.C.	pie ²	0,56
Tanques y recipientes AISI	Gal	0,68
Tanques y recipientes presurizados A.C	Gal	0,60
Transportadores de banda	Pies	0,65
Transportadores de cangilones	Pies	0,77
Turbinas de 1000 a 30000 Hp	Hp	0,57
Ventiladores	Hp	0,66

Existen varios métodos para la estimación de la Inversión fija, los que están a su vez muy relacionados con el nivel de desarrollo en el conocimiento tecnológico y que determinaran el nivel de precisión de los estimados. Estos métodos son:

- Estimado a partir de órdenes de magnitud (± 30 -50 %)
- Estudio estimativo (± 20 -30 %) – Estimados factoriales
- Estimado preliminar (± 10 -25 %)

- Estimado definitivo ($\pm 5 -15 \%$)
- Estimado detallado ($\pm 2 -5 \%$)

El tipo de estudio (1) se corresponde con la etapa de definición de la magnitud de los presupuestos y análisis de oportunidades, mientras que los de clase (2-3) pueden ser considerados como nivel de prefactibilidad, quedando la factibilidad en las clases (3-4). Como se aprecia, la frontera entre unos y otros en lo que respecta al nivel de exactitud es difusa por cuanto se puede disponer de un estudio de prefactibilidad o factibilidad con un nivel de precisión semejante (10-15%).

Métodos para estimar los costos de inversión, de equipos y plantas de diferentes tecnologías.

Peter (Peters & Timmerhaus, s. f.) desarrolló diferentes métodos para estimar los costos de inversión, de equipos y plantas de diferentes tecnologías. Algunos de ellos se explican a continuación.

Estimados a partir de órdenes de magnitud

Se conocen como regla del exponente 0,6 y permite obtener estimados de costos de inversión fija de plantas similares conociendo el valor de la inversión fija de una planta a una capacidad dada. Ello se puede expresar a partir de la siguiente relación:

$$C_B = C_A \left(\frac{S_B}{S_A} \right)^{0.6} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

CB. Costo de la nueva planta

CA. Costo de la planta de referencia

SB. Capacidad de la nueva planta

SA. Capacidad de la planta de referencia.

Se debe observar que el exponente 0,6 se define como un exponente general para la industria, pero el mismo puede diferir de este valor para un tipo de industria particular. Los siguientes exponentes han sido reportados para diversos tipos de industrias

Tabla 2.4. Relación costo/capacidad para diversos procesos

Proceso	Exponente
Etanol	0,73
Ácido Clorhídrico	0,68
Metanol	0,60
Ácido nítrico	0,60
Ácido sulfúrico	0,65
Urea	0,70
Ingenios (120 días de zafra) **	0,41

Corrección acorde a los indicadores anuales

Existen tres indicadores importantes para correlacionar el valor de las diversas industrias químicas, petroquímicas o de refinación de petróleo que son comúnmente utilizados:

De esta forma los costos obtenidos pueden ser referidos a la fecha actual y corregir así la inflación en el equipamiento según:

$$C_{FA} = C_{FB} \cdot \left(\frac{I_{FA}}{I_{FB}} \right) \quad (\text{Ec. 2.3})$$

C_{FA} . Costo en fecha actual

C_{FB} . Costo en fecha base

I_{FA} . Índice en fecha actual

I_{FB} . Índice en fecha base

En la Tabla 2.5 se brindan los índices de costos anuales para plantas más utilizados.

Tabla 2.5. Índices de costo anual según CE

Año	CE Índices Compuestos	Equipos	Construcción	Estructuras	Ingeniería y supervisión
1970	12,7	123,8	137,3	127,2	110,6
1971	132,3	130,4	146,2	135,5	111,4
1972	137,2	135,4	152,2	142	111,9
1973	144,1	141,8	157,9	150,9	122,8
1974	165,4	171,2	163,3	165,8	134,4
1975	182,4	194,7	168,6	177	141,8
1976	192,1	205,8	174,2	187,3	150,8
1977	204,1	220,9	178,2	199,1	162,1
1978	218,8	240,3	185,9	213,7	161,9
1979	238,7	264,7	194,9	228,4	185,9
1980	261,2	292,6	204,3	238,3	214
1981	297	323,9	242,4	274,9	268,5
1982	314	336,2	263,9	290,1	304,9
1983	317	336	267,6	295,6	323,3
1984	322,7	344	264,5	300,3	336,3
1985	325,3	347,2	265,3	304,4	338,9
1986	318,4	336,3	263	303,9	341,2
1987	323,8	343,9	262,6	309,1	346
1988	342,5	372,7	265,6	319,2	343,3
1989	355,4	391	270,4	327,6	344,8
1990	357,6	392,2	271,4	329,5	355,9
1991	361,3	396,9	274,8	332,9	354,5
1992	358,2	392,2	273	334,6	354,1
1993	359,2	391,3	270,9	341,6	352,3
1994	368,1	406,9	272,9	353,8	351,1
1995	381,1	427,3	274,3	362,4	347,6
1996	381,7	427,4	277,5	356,1	344,2
1997	386,5	433,2	281,9	371,4	342,5
1998	389,5	436	287,4	374,2	341,2
1999	390,6	435,5	292,5	380,2	339,9
2000	394,1	438	299,2	385,6	340,6

Estimado de costo factorial

Se basa en el método desarrollado por (Lang, 1947) y (Lang, 1948), quien introdujo el concepto de estimar el costo total de la planta a partir del costo total del equipamiento.

Según Lang el Costo fijo total de la planta puede ser estimado como:

$$C_{FC} = f_L \cdot \sum C_{EQ} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

C_t . Costo total de la planta

$\sum C_{EQ}$. Suma del Costo del equipamiento

f_L . factor de Lang: 3.10 para procesos sólidos, 3.63 para procesos sólidos-fluidos, 4.74 para procesos líquidos.

Estos factores parten del análisis de los costos de instalación para diversos tipos de plantas, el que considera los gastos en materiales, mano de obra y otros para cada tipo de proceso. El método parte por tanto del conocimiento del costo de los equipos tecnológicos o estimados de los mismos.

Estimadas factoriales de costos en detalle

Estos procedimientos, pretenden proporcionar una mayor precisión en los estimados, por lo que requieren de, además del costo del equipamiento, de aquellos Item que intervienen en la construcción de la planta:

- Instalación de equipos, incluidos cimientos y estructuras menores
- Electricidad (fuerza e iluminación), incluidas las subestaciones
- Instalaciones civiles, estructuras, cuartos de control
- Tuberías, incluido aislamiento y pinturas
- Instrumentación y control
- Almacenes de materias primas y productos terminados
- Facilidades auxiliares, oficinas, laboratorios, talleres, etc.
- Servicios auxiliares: vapor, agua de enfriamiento, aire, extinción de incendios, gases inertes, vacío, salmueras, agua de proceso y/u otras calidades, tratamiento de efluentes.
- Terreno, preparación del mismo, calles interiores, parqueos, etc.

En la Tabla 2.6 se brindan factores típicos para la estimación del capital fijo de un proyecto.

Tabla 2.6. Factores empleados en la estimación del capital fijo.

ITEM	Planta nueva (Grass root)			Planta adicional (Battery-limit)		
	Solido	Sol. -Liq.	Liquido	Solido	Sol. -Liq.	Liquido
Equipos tecnologicos (Costo Total)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
a) Instalacion de equipos	0,19-1,23	0,39-0,43	0,76	0,45	0,39	0,27-0,47
b) Tuberias	0,07-0,23	0,30-9,39	0,33	0,16	0,31	0,66-1,20
c) Estructuras de acero u hormigon			0,28			0-0,13
d) Materiales electricos	0,13-0,25	0,08-0,17	0,09	0,10	0,10	0,09-0,11
e) Instrumentacion	0,03-0,12	0,13	0,13	0,09	0,13	
f) Edificaciones del proceso	0,33-0,50	0,26-0,35	0,45	0,25	0,39	0,18-0,34
g) Excavaciones y prep. Dfel sitio	0,03-0,18	0,08-0,22		0,13	0,10	0,10
h) Servicios auxiliares	0,14-0,30	0,48-0,55	Incluido	0,40	0,55	0,70
Costos Total fisico de la planta (Item 1 + SUMA a -i)	2,37	2,97	3,04	2,58	2,97	3,50
i) Gastos de terreno	0,10-0,12	0,35-0,43		0,39	0,34	0,41
j) Diseño e ingenieria		0,35-0,43	0,41	0,33	0,32	0,33
Gastos Directos	2,48	3,73	3,45	3,30	3,63	4,24
k) Pagos a contratistas, utilidades	0,3-0,33	0,09-0,17	0,17	0,17	0,18	0,21
l) Imprevistos	0,26	0,39	0,36	0,34	0,36	0,42
Capital Fijo total	3,06	4,27	3,98	3,81	4,17	4,87

El conocimiento sobre las particularidades del proceso, y sus indicadores permitirán una estimación más precisa del mismo. Por supuesto, la estimación del costo del equipamiento tecnológico constituye la premisa fundamental para garantizar buenos estimados. Para ello se pueden obtener de literatura gráficos que correlación el Costo de equipos vs sus parámetros característicos tal como se ilustran en las figuras 2.2 y 2.3 (año base 1998).

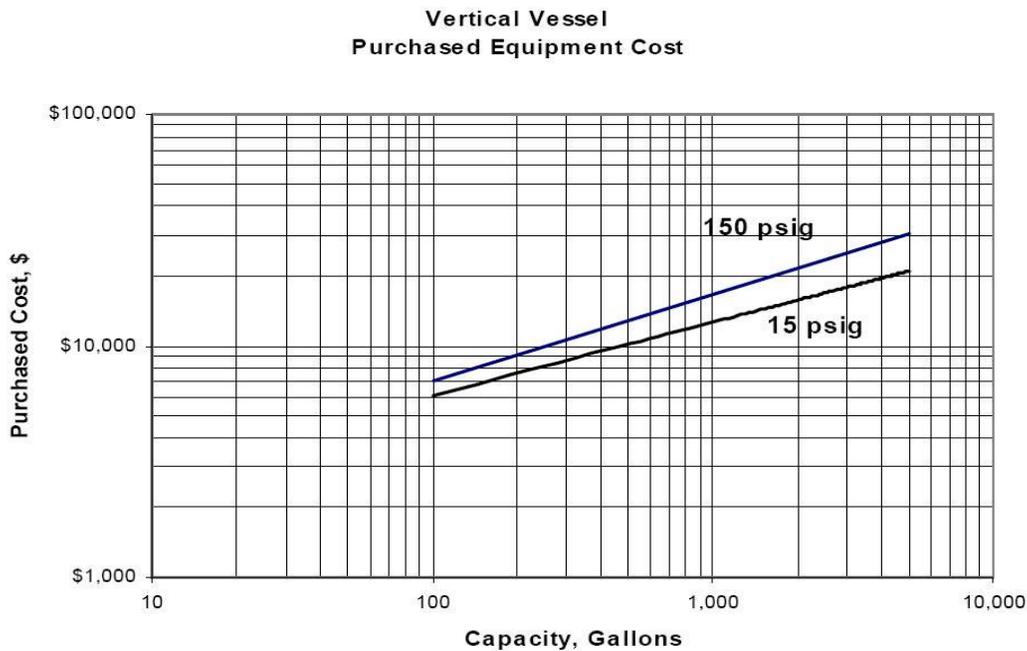


Figura 2.2. Costos de tanques verticales (base 1998)

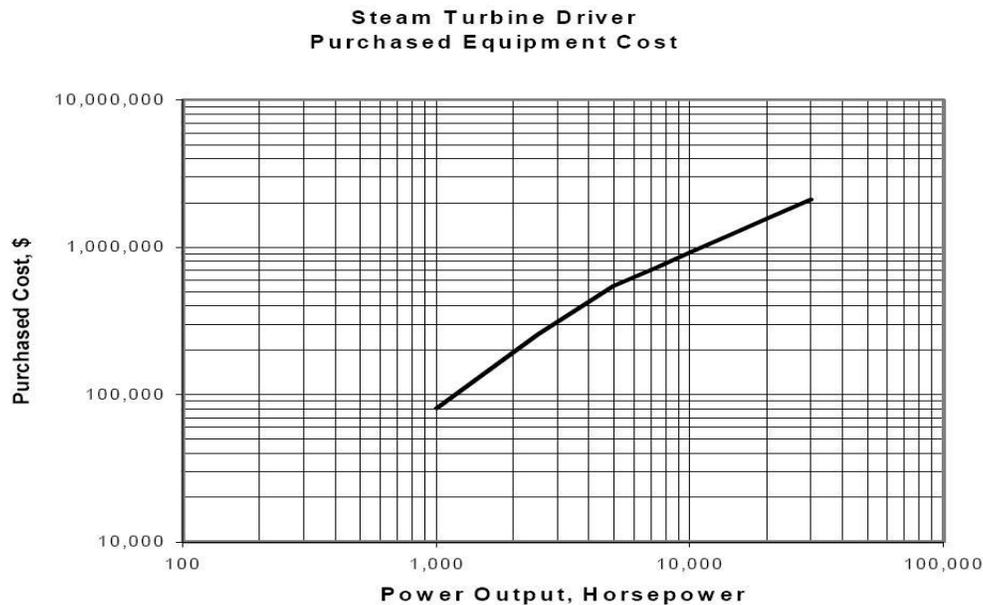


Figura 2.3. Costos de turbinas de vapor (base 1998)

2.5.4 Métodos Multicriterio. El método Delphi.

Para la selección del método adecuado se propone el método del Criterio de Expertos.

La técnica de criterio de expertos permite ordenar criterios o factores a partir de la votación de los expertos.

Tiene los siguientes pasos:

1. Selección del número de expertos.
2. Elaboración de la matriz de rangos con los criterios de expertos.
3. Determinar el nivel de concordancia.
4. Realizar la validación del criterio de expertos.

Metodología para la selección del número de expertos

La selección de las soluciones a diversos problemas basada en las recomendaciones de expertos en temas específicos, es muy frecuente y fundamental en la actualidad. Al igual que la entrevista y la encuesta, el criterio de expertos, es una de las herramientas multicriterio más utilizada en la ingeniería y que ocupa un lugar importante entre los métodos de investigación empírica.

Al utilizar expertos en la toma de decisiones, estos juegan un rol importante en la solución del problema, ya que esta depende de la preparación y el conocimiento de los expertos seleccionados. Es por esto que resulta indispensable realizar un proceso de selección que garantice la mayor confiabilidad posible en los resultados a obtener.

Independientemente a que en varias investigaciones existan disímiles metodologías para la selección de la comunidad de expertos. Se utiliza hace varios años la desarrollada por implementada por el Comité Estatal para la Ciencia y la Técnica de la URSS. En las últimas décadas esta metodología ha estado sometida a mejoramientos por diferentes investigadores, como el perfeccionamiento estadístico de la escala Likert, el cual es el más utilizado actualmente en las investigaciones.

Uno de los problemas principales es decidir quiénes son los expertos o conocedores del tema a analizar. Los expertos pueden ser especialistas internos o externos que posean un elevado nivel de calificación en una esfera y tienen que ser capaz de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión con un máximo de competencia.

Para este análisis se utiliza la metodología elaborada por el Comité Estatal para la Ciencia y la Técnica de Rusia, elaborado en 1971, para la determinación de la competencia de los expertos, el cual puede componerse en 9 pasos:

1. Confeccionar un listado inicial de personas posibles de cumplir los requisitos para ser expertos en la materia a trabajar previamente consultada su disposición para participar. Se entrevistaron un total de 15 expertos.

2. Realizar una valoración sobre el nivel de experiencia que poseen, evaluando de esta forma los niveles de conocimientos que poseen sobre la materia. Se les realiza una primera encuesta para una autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tienen sobre el tema en cuestión. **(Anexo VIII)**

3. Calcular el Coeficiente de Conocimiento o Información (Kc), a través de la siguiente fórmula:

$$KC = n(0,1) \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde:

KC: Coeficiente de Conocimiento o Información

n: Rango seleccionado por el experto

4. Se realiza una segunda encuesta que permite valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar. **(Ver Anexo XI)**

5. Se determinan los aspectos de mayor influencia y partir de estos valores reflejados por cada experto en la tabla se contrastan con los valores de una tabla patrón mostrada en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Tabla Patrón. Escala para la determinación del coeficiente de argumentación.

No.	Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis realizados por usted	0,3	0,2	0,1
2	Experiencia adquirida	0,5	0,4	0,2
3	Trabajos de autores nacionales que conoce	0,05	0,05	0,05
4	Trabajo de autores internacionales que conoce	0,05	0,05	0,05
5	Conocimiento propio sobre el estado del tema	0,05	0,05	0,05
6	Su intuición	0,05	0,05	0,05

6. Los aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar permiten calcular el Coeficiente de Argumentación (K_a) de cada experto:

$$K_a = \sum ni = (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6) \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

K_a : Coeficiente de Argumentación

n_i : Valor correspondiente a la fuente de argumentación i (1 hasta 6)

7. Una vez obtenido los valores del Coeficiente de Conocimiento (K_c) y el Coeficiente de Argumentación (K_a) se procede a obtener el valor del Coeficiente de Competencia (K) que finalmente es el coeficiente que determina en realidad que experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente (K) se calcula de la siguiente forma:

$$K = 12 (K_c + K_a) \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Donde:

K : Coeficiente de Competencia

K_c : Coeficiente de Conocimiento

K_a : Coeficiente de Argumentación

Posteriormente se analizan los resultados, determinando la competencia del candidato, la cual se estima en alta si $K \geq 0,8$, media si $0,5 \leq K < 0,8$ y baja si $K < 0,5$.

El investigador debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, no obstante, puede valorar si utiliza expertos de competencia media en caso de que el coeficiente de

competencia promedio de todos los posibles expertos sean alto, pero nunca se utilizará expertos de competencia baja (Hurtado, 2012).

8. Cálculo de expertos (Cortés & Iglesias, 2004).

$$M = \frac{p*(1-p)*k}{i^2} \tag{Ec. 2.8}$$

Donde:

M. Número de expertos

p. Proporción estimada del error

i. Nivel de precisión alcanzado, se recomienda entre 0,14 y 0,5

k. Constante que depende del nivel de confianza (1-α) seleccionado (Tabla 2.8)

Tabla 2.8. Valores de K

1 - α	K
99 %	6, 6564
95 %	3, 8416
90 %	2, 6896

Tomando como base para el cálculo un error del 10 %, para un nivel de confianza del 95 % y el valor de i medio de 0,2 entonces:

$$M = \frac{0,1*(1-0,1)*3,8416}{(0,2)^2}$$

$$M = 8,6436 \approx 9$$

Es decir, que se requieren de 9 expertos para realizar el análisis experimental.

9. Una vez seleccionado los expertos se les envía una carta a todos, invitándolos a participar en el peritaje. En ella se le explicará el objetivo de la realización de la encuesta, el plazo y orden de ejecución, así como, el volumen total del trabajo. Además, se le informará su inclusión en el peritaje y las instrucciones necesarias para contestar las preguntas.

Análisis de valoración de aspectos (Método Delphi).

Después de seleccionado el grupo de expertos se aplica aplicar el método Delphi para el procesamiento de sus criterios y opiniones. Este proceso permite consultar un conjunto de expertos para validar la propuesta sustentada en sus conocimientos, investigaciones, experiencia, estudios bibliográficos, etc.

No existe una estructura rígida para aplicar el método Delphi, pero es usual que se siga una determinada secuencia. Su uso en general requiere una considerable flexibilidad para satisfacer las necesidades de la situación, un análisis comparativo de la introducción y la expansión del nuevo producto, basando la comprobación en patrones de similitud.

La secuencia establecida es la siguiente:

1. Se envía un cuestionario a los expertos y se les pide que den su opinión en los temas de interés. **(Ver Anexo IX)**
2. Se analizan las respuestas y se identifican las áreas en que están de acuerdo y en las que difieren.
3. Se manda un análisis resumido de todas las respuestas a los expertos, se les pide que llenen de nuevo el cuestionario y den sus razones respecto a las opiniones en que difieren.
4. Se repite el proceso hasta que se estabilizan las respuestas

Se les presentan a los expertos los temas, aspectos o cuestiones a valorar previamente determinados por el investigador, a través de una tabla de Aspectos/Rangos de Valoración (1 al 9), donde al aspecto de mayor calidad se le concede 1 punto y al de menor 9.

Para recopilar los resultados de la encuesta se realiza la matriz de selección que se muestra en la Tabla 2.9

Tabla 2.9. Matriz de selección.

Alternativas	Experto									Indicadores				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΣA_i	Z	Δ	Δ^2	Ω
1														
2														
3														
4														
5														

Dónde: M: número de expertos

A_{ij} . Juicio de importancia del experto i sobre el requisito j

Δ . Es la desviación del valor medio que se calcula:

$$\Delta = (\sum A_{ij} - \zeta) \quad (\text{Ec. 2.9})$$

ζ . Factor de comparación (valor medio de los rangos) que se calcula

$$\zeta = \frac{1}{2} M(K + 1) \quad (\text{Ec. 2.10})$$

K. Número de alternativas

ω . coeficiente de Kendall

$$\omega = \frac{12 \sum \Delta^2}{M^2(K^3 - K)} \quad (\text{Ec.2.11})$$

Si se cumple $\omega \geq 0,5$ hay concordancia y el estudio es válido. Si $\omega < 0,5$ se repite el estudio, de haber un número de expertos mayor que 7 deben eliminarse los que más variación introduce en el estudio, respetando siempre $m \geq 7$.

Para determinar la concordancia entre los expertos se realiza la Tabla 2.10

Tabla 2.10. Prueba de hipótesis.

Número de alternativas	K	
Número de expertos	M	
Chi cuadrado calculado, x^2 calculado	$M(K-1)\omega$	
Chi cuadrado tabulado, x^2 tabulado	$X^2(0,01;19)$	

Si x^2 calculado $>$ x^2 tabulado, existe concordancia de criterios entre expertos

Fuente. (Cortés & Iglesias, 2004)

2.5.5 Diagnóstico tecnológico

Para la realización del diagnóstico tecnológico en la empresa se siguió los siguientes pasos:

- Recopilación de información: en primer lugar, se recopiló toda la información relevante sobre la tecnología en el área de limpieza.
- Análisis de la infraestructura tecnológica: se realizó un análisis detallado de la infraestructura tecnológica existente en la empresa evaluando así el estado de los equipos.
- Evaluación de las necesidades tecnológicas: Aquí se identificó los equipos que necesitaban ser repuestos o instalados.
- Análisis de costo y beneficio: se realizó un análisis de costo y beneficio para determinar la viabilidad económica de implementar nuevas propuestas para la realización de las mejoras.

- Propuesta de soluciones: con base al análisis realizado, se propusieron soluciones específicas para abordar las necesidades identificadas en la sección.
- Implementación y seguimiento: una vez que se abordaron las soluciones propuestas, se coordinó la implementación de un Plan de Mejoras en la empresa.

2.5.6 Metodología de análisis del costo-beneficio

El análisis del costo-beneficio es un proceso que, de manera general, se refiere a la evaluación de un determinado proyecto, de un esquema para tomar decisiones de cualquier tipo. Ello involucra, de manera explícita o implícita, determinar el total de costos y beneficios de todas las alternativas para seleccionar la mejor o más rentable. Este análisis se deriva de la conjunción de diversas técnicas de gerencia y de finanzas con los campos de las ciencias sociales, que presentan tanto los costos como los beneficios en unidades de medición estándar usualmente monetarias para que se puedan comparar directamente.

La técnica del costo-beneficio se relaciona de manera directa con la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de un proyecto a partir de los costos y beneficios que se derivan de él. Dicha relación de elementos, expresados en términos monetarios, conlleva la posterior valoración y evaluación.

Es importante señalar que tomar una decisión implica elegir entre dos o más cursos de acción alternativos, por lo que el costo de oportunidad es otro factor a tener en cuenta, pues representa lo que se deja de ganar por haber rechazado el valor de la siguiente mejor opción. Siguiendo esta lógica, uno de los preceptos que propone el análisis costo-beneficio consiste en que no importa que tan adecuada sea la solución otorgada a un problema, la alternativa, o la propuesta, pues no dejará de tener un costo. En tal sentido, algunas cuestiones clave en el análisis serían:

- Si el costo de la solución sobrepasa el del problema.
- Si la solución es más cara, pero trae mejoras que no se cuantifican en términos monetarios e influyen en el aspecto social.
- ¿Se debe considerar aquella información que afecta los posibles cursos de acción?

En fin, cada análisis es diferente y requiere un pensamiento cuidadoso e innovador, pero eso no quiere decir que no se tenga una secuencia estándar de pasos y procedimientos a seguir.

Los pasos comunes a realizar en el análisis costo-beneficio serían los siguientes:

- Formular los objetivos y metas que se persiguen con el proyecto.

- Examinar los requerimientos y limitaciones.
- Determinar y/o estimar en términos monetarios los costos y beneficios relacionados con cada opción.
- Incorporar toda la información importante además de los datos de costos y beneficios de cada una de las alternativas.
- Distribuir los costos y beneficios a través del tiempo.
- Convertir la corriente futura de costos y beneficios a su valor actual.
- Establecer una relación donde los beneficios sean el numerador y los costos el denominador (beneficios/costos).
- Tomar la decisión en función del enfoque utilizado, las metas y los objetivos.

Para decidir la mejor alternativa se pueden considerar otras herramientas, entre las que se destaca la utilización de métodos y criterios de valoración de proyectos que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Por otra parte, existen diversos enfoques en el análisis del costo-beneficio, pero, en esencia, el objetivo es la cuantificación máxima posible de los beneficios y costos en términos monetarios. Por ende, para el logro de los pasos referidos, se deben dominar los conceptos de este análisis.

Desde el punto de vista de las ciencias empresariales, el costo se define, generalmente, como el conjunto de recursos sacrificados o dados a cambio de alcanzar un objetivo específico. Se mide en unidades monetarias que deben ser pagadas para adquirir bienes o servicios. Por tanto, es un pág. 34 valor empleado para la elaboración de un producto o la prestación de un servicio. La incursión en los diferentes costos se realiza para obtener beneficios presentes o futuros. Cuando estos se consiguen, los costos se convierten en gastos, por lo que estos últimos se consideran como un costo que ha producido un beneficio que ya ha expirado.

El costo está vinculado generalmente a la producción, pero es aplicable a cualquier tipo de actividad. Su propósito no es solo obtener beneficios, sino también ser un instrumento para el control y la toma de decisiones. La gerencia necesita conocer el costo del producto elaborado, pues este contiene una información de suma importancia que le permite medir sus ingresos y fijar el precio. Asimismo, constituye un indicador fundamental, al permitir la comparación de los resultados obtenidos en distintos períodos, y ayudar así a encontrar nuevas vías para el uso racional, óptimo y planificado de los recursos productivos.

El beneficio, por su parte, es la ganancia que se obtiene de una inversión o actividad comercial. Para su cálculo se debe determinar el costo del problema y el de la solución. Esta última constituye una expresión para designar la ganancia que se obtiene en una actividad determinada. El valor del beneficio se obtiene deduciendo los costos totales de los ingresos totales. Por tanto, la diferencia entre lo que se gasta en la producción o prestación de un servicio y el precio de la venta es la ganancia obtenida.

Al determinar los beneficios asociados a un proyecto específico, así como sus costos, se realiza una comparación que permite decidir si es adecuada la alternativa. Cuando los beneficios exceden los costos, es provechoso el resultado del proyecto, o sea, genera una utilidad o beneficio neto; en cambio, si sucede lo contrario, el proyecto no resulta ventajoso.

La evaluación que se realiza en el análisis costo-beneficio permite obtener el rendimiento de un proyecto o negocio. Este resulta rentable cuando los beneficios que se obtienen permiten recuperar lo invertido teniendo en cuenta la tasa deseada por el inversionista o empresario.

Para saber si un proyecto es viable bajo este enfoque, se debe considerar la comparación de la relación B/C hallada con 1. Así:

Si $B/C > 1$, esto indica que los beneficios son mayores a los costos. En consecuencia, el proyecto debe ser considerado.

$B/C = 1$, significa que los beneficios igualan a los costos. No hay ganancias. Existen casos de proyectos que tienen este resultado por un tiempo y luego, dependiendo de determinados factores como la reducción de costos, pueden pasar a tener un resultado superior a 1.

$B/C < 1$, muestra que los costos superan a los beneficios. En consecuencia, el proyecto no debe ser considerado (Castellanos, 2021).

2.5.7 Metodología del Plan de Mejoras

Para plantear el Plan de Mejoras se utiliza la Matriz descrita en la Tabla 2.11 donde se estiman los valores del cronograma de actividades, el presupuesto, y la efectividad expresada en incremento de la eficiencia del área, todas calculadas mediante herramientas utilizadas en la ingeniería química que cumplen con las condiciones de variabilidad, repetitividad, consistencia y validez.

Tabla 2.11. Resumen del plan de mejoras en el área de limpieza para la obtención de almidón de maíz en la empresa de GydeMa.

	Mejoras	Fecha de inicio	Fecha de terminación	Presupuesto, MP	Responsable	Increment. Eficiencia, %

Conclusiones Parciales

1. Las encuestas y entrevistas realizadas a los expertos permitieron identificar las diferentes mejoras tecnológicas que tributarán a elevar la eficiencia del proceso en el área de limpieza.
2. El Método de Peter permitirá calcular del valor del equipamiento tecnológico.
3. El criterio de experto permitirá la valoración teórica de la efectividad de las alternativas propuestas.
4. La determinación del costo/beneficio de las propuestas de mejoras permitirá una mejor toma de decisiones para la implementación de las mismas.

Capítulo III. Discusión de los resultados

En esta sección se muestra la aplicación de los métodos y los resultados obtenidos. Se combinan varias de las herramientas utilizadas en la ingeniería química para lograr que se expresen en el resultado final de la investigación.

3.1 Propuesta de mejoras y su evaluación.

Después de realizado la tormenta de ideas, las entrevista y la observación directa se determinaron las 6 principales actividades a desarrollar para mejorar la eficiencia. De esta forma se proponen las mejoras y su respectiva evaluación.

Las propuestas de mejoras identificadas por las diferentes herramientas, se relacionan a continuación:

- Reparación capital del tamiz de limpieza.
- Reposición de aspiradores de polvo.
- Reposición de separadores de piedras.
- Instalación de tubería de colección de maíz para envío al área de pienso.
- Reposición de transportados de canjilones.
- Aumento de capacidad de almacenamiento

3.2 Evaluación de las propuestas. Resultados de los Métodos Multicriterio.

Los resultados de la aplicación del método Delphi para seleccionar la herramienta más adecuada se muestran en la Tabla 3.1 planteado por Ramos (Ramos et al., 2014) y en la Tabla 3.2 se muestra el orden de importancia siendo el número 1 el de mayor interés. En esta matriz se reflejan las respuestas de los expertos ante la pregunta “cuál será la forma más conveniente para expresar la eficiencia de la sección”. También se calculan automáticamente los indicadores de convergencia y en la Tabla 3.3 se realiza el cálculo para saber si la herramienta es adecuada. Las alternativas seleccionadas fueron:

Tabla 3.1. Método de Delphi

Alternativas		Experto									Cálculo de indicadores				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\sum A_i$	ζ $M(K+1)/2$	Δ $\sum A_{ij} - \zeta$	Δ^2	Ω $(12\sum\Delta^2)/M^2(K^3-K)$
1	Plan de Mejoras	1	1	1	1	2	1	1	1	2	11	↓	-16	256	↓
2	Método de Pareto	5	4	4	5	5	4	5	4	5	41		14	196	
3	Producción Más Limpia	4	5	5	4	1	5	4	5	4	37		10	100	
4	Método de Ishikawa	2	2	2	2	3	3	2	2	1	19		-8	64	
5	Economía Circular	3	3	3	3	4	2	3	3	3	27		0	0	
											135	27	616	0.8	

Tabla 3.2. Orden de importancia

1	Plan de Mejoras	11
2	Método de Pareto	41
3	Producción Más Limpia	37
4	Método de Ishikawa	19
5	Economía Circular	27

Tabla 3.3. Prueba de hipótesis

número de alternativas	K	5
número de expertos	M	9
chi cuadrado calculado, x^2 calculado	$M(K-1)\omega$	27.4
chi cuadrado tabulado, x^2 tabulado	$X^2(0,01,19)$	21.7

Si x^2 calculado > x^2 tabulado, existe concordancia de criterios entre expertos

Como $\omega = 1$ existe concordancia de criterios entre expertos por lo que la propuesta se considera adecuada para aplicar y se acepta la decisión. También hay que tener en cuenta que

χ^2 calculado $>$ χ^2 tabulado por tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay concordancia significativa entre los expertos.

3.3 Resultados del Método de Peters

En la Tabla 3.4 se muestran los costos de referencia de los equipos del proyecto (1980) y los costos de los equipos en fecha actual, el costo de referencia del capital del tamiz de limpieza se estima 50% del costo de fecha actual y los indicadores índices de fecha base y índices de fecha actual se toman de Ramos (Ramos et al., 2014).

Tabla 3.4. Costo del equipamiento

	Mejoras	Costo (1980) MP	IFA/IFB	Costo (2025) MP
1	Reparación capital del tamiz de limpieza	120	2	120
2	Reposición de aspiradores de polvo	100	2	200
3	Reposición de separadores de piedras	70	2	140
4	Instalación de tubería de colección de maíz para envío al área de pienso	29	2	58
5	Reposición de transportados de canchilones	70	2	140
6	Aumento de capacidad de almacenamiento	500	2	1000
			total	1658

$$C_{FA} = C_{FB} \cdot \left(\frac{I_{FA}}{I_{FB}} \right) \quad [2]$$

C_{FA} : Costo en fecha actual
 C_{FB} : Costo en fecha base
 I_{FA} : Índice de fecha actual.
 I_{FB} : Índice de fecha base

3.4 Análisis Costo-beneficio

El cálculo del costo beneficio se realiza de la siguiente forma:

$$\frac{B}{C} = \frac{BO}{CI} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

BO. Beneficio Obtenido

CI. Costos Incurridos

El Beneficio obtenido son los ingresos por ventas y se calculan de la siguiente manera:

$$BO = Pv \times Prod. \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Donde:

Pv. Precio de venta

Prod. Producción.

Empleando la ecuación 3.2:

$$BO = 4\ 854,25 \times 2400$$

$$BO = 11\ 650\ 200\ \text{MN/t}$$

Luego, a partir de la ecuación 3.1:

$$\frac{B}{C} = \frac{11\ 650\ 200}{1\ 658\ 000} = 7,02$$

A partir del cálculo anterior, como $B/C > 1$ se deduce que en un año de producción la relación costo-beneficio es favorable, da resultados positivos para la selección de la propuesta.

No obstante, la empresa GydeMa actualmente está considerada como una de las mayores contaminantes de la provincia, por lo que debe pagar trimestralmente un impuesto a la Oficina Nacional de Administración Tributaria (ONAT) de aproximadamente 40 000 MN por concepto de foco contaminante a partir de un certificado que emite el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba (CITMA) por el incumplimiento de la norma cubana NC 521/2007: Vertimiento de aguas Residuales a la zona costera y aguas marinas- Especificaciones, esto supone un gasto de 160 000 MN anualmente. Si se considera este valor como costo fijo y se adiciona a los costos incurridos, entonces:

$$1\ 658\ 000 + 160\ 000 = 1\ 818\ 000$$

Por consiguiente, este cálculo tendrá valores favorables como se evidencia a continuación.

Luego, a partir de la ecuación 3.1:

$$\frac{B}{C} = \frac{11\ 650\ 200}{1\ 818\ 000} = 6,40$$

Finalmente se concluye la viabilidad de la inserción de la propuesta seleccionada.

CONSIDERACIONES:

Costo del almidón (t)	Costos incurridos (t)	Beneficio Obtenido (MN/t)
4 854,25 MN	1 818 000 MN	11 650 200 MN/t

No obstante, las propuestas antes señaladas han tenido lugar por el mal estado técnico de los equipos del área de limpieza, motivo por el cual ocurren derrames de maíz, tusas, polvo y

maíz partido. Entonces para la evaluación también debe tenerse desde el análisis de las pérdidas.

Visto así, en el área de recepción, el maíz es pesado en una báscula, para ser transportado a los silos de almacenaje y posteriormente al área de limpieza. Por mal estado de estos equipos (transportadores de cangilones, horizontales y verticales, zarandas y tamices), hay gran derrame de este producto en los pisos, además de polvo el cual se disemina por toda el área, sólo se cuenta con un filtro polvo el mismo fue reparado y uno está fuera de servicio, en esta sección hay una deficiente limpieza. Una vez limpio el maíz es transportado a los tanques de maceración.

Recolección de datos.

Los datos que se muestran a continuación consideran la cantidad de maíz que entró en la fábrica para ser limpiado en el año 2023 y las características que debe tener la materia prima según norma de proceso tecnológico NEIAL 2306.19 año 1999.

- Maíz limpio {
- Impurezas 2,5 % máximo.
 - Maíz partido 6 %.
 - Precio del maíz 344,485 CUP/ 1 000 kg de producto.

Tabla 3.5. Análisis desde las pérdidas

Producto. Maíz. Entrada/2023						
Meses	Limpio (t)	Maíz partido (t)	Impurezas (t)	Maíz derramado (t)	Dejado de procesar (t)	Total de pérdidas (MN)
Enero	0	0	0	0	0	0
Febrero	131, 415	6, 255	3,285	15,191	24,731	8 519, 46
Marzo	494, 636	15, 284	12,366	57,179	84,829	29 222, 32
Abril	0	0	0	0	0	0
Mayo	620, 000	19, 282	15,500	71,675	106,457	36 672, 84
Junio	400, 000	12, 320	10,300	46,240	68,860	23 721, 24
Julio	512, 694	19, 995	12,817	59,267	92,079	31 719, 83
Agosto	34, 086	0,290	0,852	3,940	4,792	1 650, 77
Total	2192,831	73,426	55,120	253,492	381,748	131 506, 46

Fuente. Balance de materiales.

Como se puede observar se dejaron de procesar 381,748 t de maíz con relación a la cantidad que entró en la fábrica en el 2023, esta mala operación reportó una pérdida para la empresa equivalente a 131 506,46 MN. En la Tabla 3.5 se resumen las pérdidas considerando el porcentaje de impurezas y granos partidos que se acepta por la norma para el procesamiento del maíz a macerar:

Como muestra la tabla, se derraman en el suelo de la fábrica por deterioro de los transportadores y salideros, 253,492 t de maíz en el año para una pérdida equivalente a 87 324, 19 MN. Los granos partidos 73,426 t equivalen a 25 294, 16 MN. No obstante, ellos se reutilizan en la fabricación de pienso para consumo animal, mientras que las demás impurezas como polvos, tusas, piedras y palos se desechan como residuales sólidos.

3.5 Consideraciones generales sobre las propuestas

Consideraciones ambientales

La industria alimenticia ha diseñado una estrategia que consiste en el uso más eficiente de los recursos materiales y energéticos. Algunos residuos industriales debido al bajo coste que presentan, facilitan que puedan ser reintegrados al proceso de producción, eliminando la carga de desechos, residuos y contaminantes que provocan daños medio ambientales. La problemática ambiental constituye en la actualidad una fuerte demanda de estrategias cada vez más exigentes, con la finalidad de minimizar los impactos ambientales provocados por la acción del hombre. Existe la necesidad de utilizar al máximo los materiales de desechos industriales como alternativa para la reducción del impacto económico, ambiental y social para así lograr un crecimiento económico del área involucrada, debido a la existencia de agua más limpia, aire más puro y un sistema controlado de disposición de residuos sólidos.

Consideraciones sociales

Los principales logros sociales que se obtendrán serán:

- La continuación de la aplicación de la vinculación Universidad Empresa
- Posibilidad de vender productos económicos para la sociedad, resultantes de investigaciones destinadas a adoptar procesos productivos más limpios.
- Mejoramiento de la imagen pública de la industria, tras la implementación de sistemas de abatimiento de la contaminación.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo.

Consideraciones económicas

Ahorro en costos por reutilización de materia prima; por disminución en la necesidad de mantenimiento de equipos (aire más limpio); por la venta de residuos reciclables; por cumplimiento de normas y permisos, que evita el pago de multas; por un aumento en la eficiencia de producción, fruto de un mejor conocimiento de los procesos y prácticas que generan residuos.

- Aumento del valor de las propiedades adyacentes, como consecuencia de un medio ambiente más limpio.
- Mejoramiento de la imagen pública de la industria, tras la implementación de sistemas de abatimiento de la contaminación.
- Progreso tecnológico nuevo como resultado de la concepción, diseño e implementación de la tecnología.

Según lo planteado anteriormente, sin dudas resulta de vital importancia un exigente cuidado al medio ambiente, de ahí, el creciente interés de realizar un amplio a la sección de limpieza, con fin de brindarle una creciente utilidad a las instalaciones tecnológicas.

Consideraciones tecnológicas

- Permite agilizar los procesos de fabricación y garantizar la calidad de los productos.
- Optimizan la producción y reducen los tiempos de entrega.
- Mejoramiento tecnológico en la empresa con la realización de estas mejoras.

3.6 Propuesta del Plan de mejoras

Después de realizado la tormenta de ideas, las entrevista y la observación directa se determinaron las 6 principales actividades a desarrollar para mejorar la eficiencia de la fábrica, En tal sentido, las propuestas de mejoras plasmadas en la Tabla 3.6, con su debido plan de acción como informe final para presentar a la dirección de la empresa GydeMa.

Tabla 3.6. Resumen del plan de mejoras en el área de limpieza para la obtención de almidón de maíz en la empresa de GydeMa.

	Mejoras	Fecha de inicio	Fecha de terminación	Presupuesto , MP	Responsable	Increment. Eficiencia , %
1	Reparación capital del tamiz de limpieza	6/1/2025	20/2/2025	120	Director de MTTO	15
2	Reposición de aspiradores de polvo	15/1/2025	16/2/2025	200	Director de Inversiones	10
3	Reposición de separadores de piedras	3/2/2025	4/3/2025	140	Director de Inversiones	5
4	Instalación de tubería de colección de maíz para envío al área de pienso	20/1/2025	10/2/2025	58	Director de Inversiones	10
5	Reposición de transportados de canjilones	4/2/2025	7/3/2025	140	Director de Inversiones	5
6	Aumento de capacidad de almacenamiento	10/1/2025	25/3/2025	1000	Director de Inversiones	5
			Total	1658		50

Nota. Las eficiencias se estimaron con entrevistas, tormentas de ideas, encuestas donde se refleja el cronograma de actividades, el directivo responsable de la actividad, y el incremento de eficiencia.

La columna del presupuesto muestra que el aumento de capacidad es la actividad más costosa y la actividad que más va a aportar en eficiencia será la reparación del tamiz de limpieza.

Los costos de reparación de equipos se estimaron por el sistema de precios del Ministerio de la construcción.

Los costos de la reposición de equipos se estimaron por los métodos de Peters.

Conclusiones

1. Los Métodos Multicriterio son adecuados para la investigación de las áreas de producción que sean convertidos en ineficientes por desgaste tecnológico o terminación de la vida útil de la planta.
2. Es posible incrementar la eficiencia de la planta de limpieza de GydeMa implementando el Plan de Mejoras propuesto.
3. El Plan de Mejoras propuesto requiere de un presupuesto de 1 658 000 MP (no se contempla el componente en divisa).
4. Las herramientas utilizadas son adecuadas y cumplen con las condiciones de variabilidad, repetitividad, consistencia y validez.
5. El análisis económico del proceso reportó un valor de 131 506, 46 MN por concepto de las pérdidas.

Recomendaciones

1. Implementar el Plan de Mejoras propuesto para el año 2024 con el acompañamiento de las regulaciones presupuestarias del MEP y el Gobierno.
2. Continuar el proceso de PMC a otras secciones de Gydema.
3. Completar este estudio con una investigación de la eficiencia y eficacia de la planta de tratamiento de residuales de la empresa la cual es el complemento de dichos trabajos al tratar eficientemente los residuales que no se puedan minimizar.

Referencias bibliográficas

- Agama, E., & Juárez, E. (2013). *Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis*. 47(1), 1-12.
- Álvarez, A. (2006). *Serie de Informes Especiales de ILSI Argentina, Volumen II: Maíz y Nutrición. Aplicaciones del maíz en la tecnología alimentaria y otras industrias. Molienda Húmeda y Molienda Seca. Cámara de Almidón*.
<http://www.maizar.org.ar/pdf/Revista%20maizar%202.pdf>
- Balcarce, E. (2006). *Calidad del grano de maíz*.
- Biliaderis, C. (1991). *The structure and interactions of starch with food constituents*.
- Calcaneo, G. (2013). *Usos del Almidon – Proveedor de materias primas para industria alimenticia*. <https://quimicoglobal.mx/usos-del-almidon-proveedor-de-materias-primas-para-industria-alimenticia/>
- Castellano, A. (2014). *Conducta, dinámica y patrones tecnológicos de la cadena de lácteos bovinos*.
https://www.researchgate.net/publication/337111422_Conducta_dinamica_y_patrones_tecnologicos_de_la_cadena_de_lacteos_bovinos
- Castellanos, D. (2021). *Selección de tecnología para la recuperación del gluten en la Empresa Productora y Comercializadora de Glucosas, Almidón y Derivados del Maíz. GydeMa*. [Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Químico]. Universidad Carlos Rafael Rodríguez Rodríguez.
- Cooney, C. (s. f.). *Bioprocess simulation. Economic and Design*.
https://ocw.mit.edu/courses/10-445-separation-processes-for-biochemical-products-summer-2005/6f35d4dd759265a6f949e98ccb348eb5_lecture_10.pdf
- Cortés, M., & Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre metodología de la investigación*.
https://www.ucipfg.com/Repositorio/MIA/MIA-12/Doc/metodologia_investigacion.pdf
- De Bernardi, L. (2016). *Perfil del aceite de maíz*.
https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/granos/_archivos/000061_Informes/_899990_Perfil%20del%20Aceite%20de%20Ma%C3%ADz.pdf

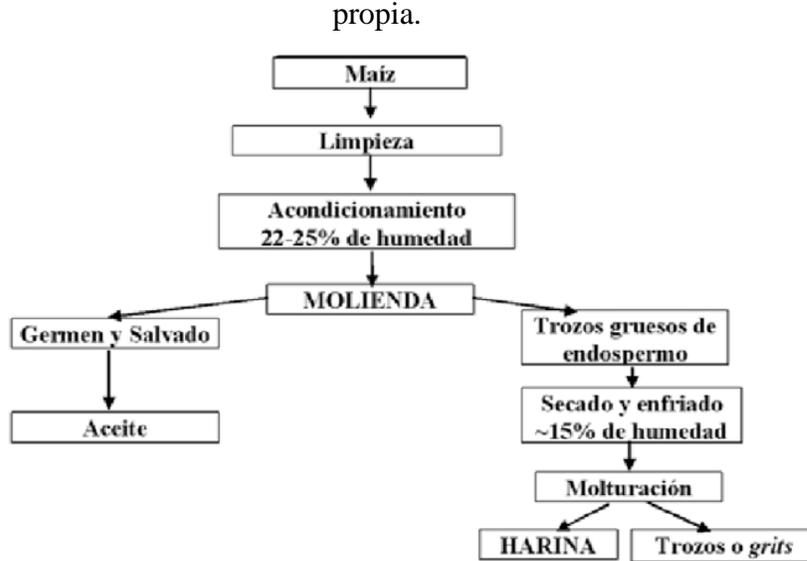
- Doane, W. (1994). *Opportunities and Challenges for New Industrial Uses of Starch*. National Center for Agricultural Utilization Research USDA-ARS Peoria. Illinois.
- Enrique, M. (2018). *Estudios para el manejo de corrientes secundarias en la producción de almidón en la Empresa GydeMa*. [Trabajo de diploma en opción al título de ingeniero químico]. Universidad Carlos Rafael Rodríguez Rodríguez.
- Figueroa, J., & Narváez, D. (2013). Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. *Estado de México*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000500007
- Franco, D. (2004). *Análisis de Cadena Alimentaria. Aceite de Maíz*.
- García, K. (2018). *Torta de germen de Maiz*. https://www.engormix.com/ganaderia/maiz-engorde-bovino/torta-germen-maiz_a42312/
- Grajales, A. (2013). *Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación*.
<http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n36/n36a14.pdf>
- Hurtado, S. (2012). *Criterio de expertos. Su procedimiento a través del método de Delphy*.
http://www.ub.edu/histodidactica/index.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy%26catid%3D11:metodologia-y-epistemologia%26Itemid%3D103
- Lang, H. (1947). *Chemical Engineering and Fuel Technology at the University of Durham*.
https://www.academia.edu/15075687/chemical_engineering_plant
- Lang, H. (1948). *Chemical Engineering and Fuel Technology at the University of Durham*. 161, 965-966.
- Loh, H., & Lyons, J. (2002). *Process Equipment Cost Estimation*.
<http://web.ist.utl.pt/ist11061/de/Equipamento/Process%20Equipment%20Cost%20Estimation.pdf>
- Madrigal, A. (2021a). *Estudio técnico económico de la incorporación del Green Sulf en la Empresa GydeMa. Estudio técnico económico de la incorporación del Green Sulf en la Empresa GydeMa*. [Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Químico]. Universidad Central «Marta Abreus» de las Villas.
- Madrigal, A. (2021b). *Estudio técnico económico de la incorporación del Green Sulf en la Empresa GydeMa. Estudio técnico económico de la incorporación del Green Sulf en*

- la Empresa GydeMa*. [Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Químico]. Universidad Central «Marta Abreus» de las Villas.
- Martínez, G. (2013). *El almidón de Maíz un producto cada vez más valioso por su gran potencial alimentario e industrial*. Agrosavia.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/711/81359_67228.pdf
- Morataya, L. (2015). *Evaluación del proceso de molienda en la producción de harinas y elaboración de atoles a partir del maíz en grano, por medio de análisis granulométrico*. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1395801>
- Palacios, D. (2023). *Qué es el método Delphi, para qué sirve y ejemplos*.
<https://blog.hubspot.es/sales/metodo-delphi>
- Peters, M., & Timmerhaus, K. (s. f.). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (fourth). Advisory Board. <https://www.davuniversity.org/images/files/study-material/PLANT%20DESIGN%20AND%20ECONOMICS%20FOR%20CHEMICAL%20ENGINEERS.pdf>
- Petrides, D. (2015). *Bioprocess Design and Economics* (2nd Edition). Bioseparations Science and Engineering. https://www.researchgate.net/profile/Demetri-Petrides/publication/322467225_Bioprocess_Simulation_and_Scheduling/links/5f46cbe0a6fdcc14c5c8b95c/Bioprocess-Simulation-and-Scheduling.pdf
- Pliego, E. (2013). *El maíz: Su origen, historia y expansión*.
<https://panoramacultural.com.co/gastronomia/3676/el-maiz-su-origen-historia-y-expansion>
- Ramos, F., Gómez, J., González, E., & López, N. (2014). Metodología para la evaluación integral de proyectos de reconversión azucarera en el concepto de biorrefinería con enfoque difuso. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 48(3).
<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223132853001.pdf>
- Robutti, J. (s. f.). *Calidad y usos del maíz*. <https://www.buenastareas.com/ensayos/Calidad-y-Usos-Del-Maiz/75955222.html>
- Rodrigues, N. (2023). *Cómo elaborar un plan de mejora en 7 pasos*.
<https://blog.hubspot.es/sales/plan-de-mejora>

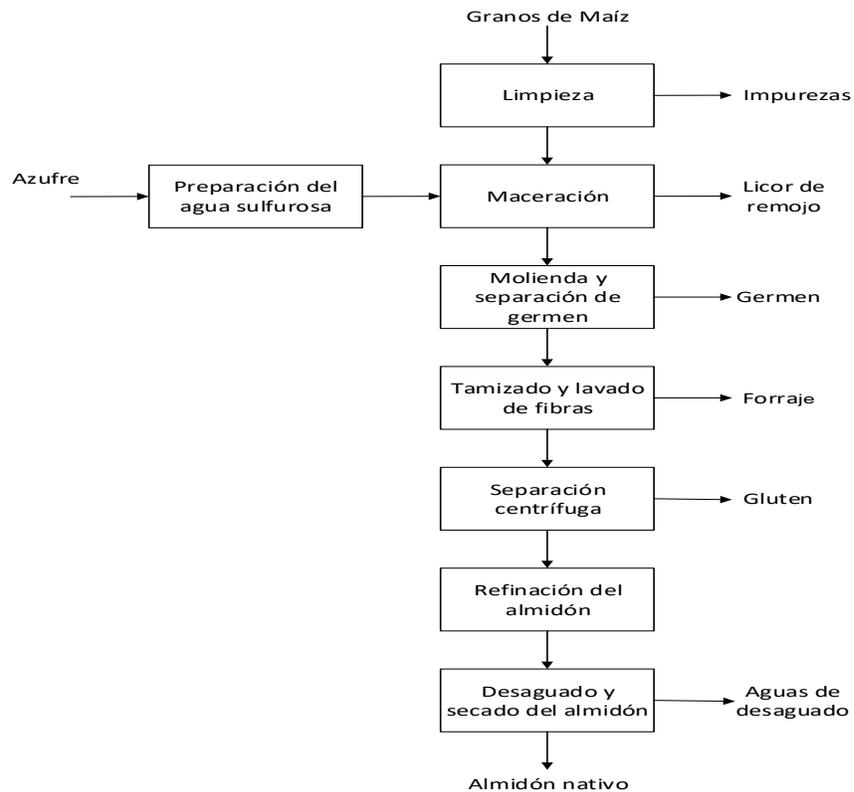
- Serratos, J. (2012). *El origen y la diversidad del maíz en el continente americano 2a edición*. <https://www.researchgate.net/profile/Jose-Antonio-Serratos-Hernandez>
- Tovar, C., & Orozco, B. (2013). *Producción y procesamiento del maíz en Colombia*. 11(1). <https://www.redalyc.org/pdf/1053/105327548008.pdf>
- Tovar, T. (2008). *Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (Zea mays L) obtenido por diferentes métodos de aislamiento*. [Trabajo de Diploma en opción al título de Licenciado en Química en Alimentos].
- Trespalacios, J., Vásquez, R., & Bello, L. (2005). *Investigación de Mercados. Métodos de Recogida y Análisis de la Información para la Toma de Decisiones en Marketing*.
- Valdés, A., López, E., & Ramos, F. (2022). *Sobre el aprovechamiento de los residuales de la empresa Gydemá para la producción de aceite de maíz refinado*. 14(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000300309

Anexos

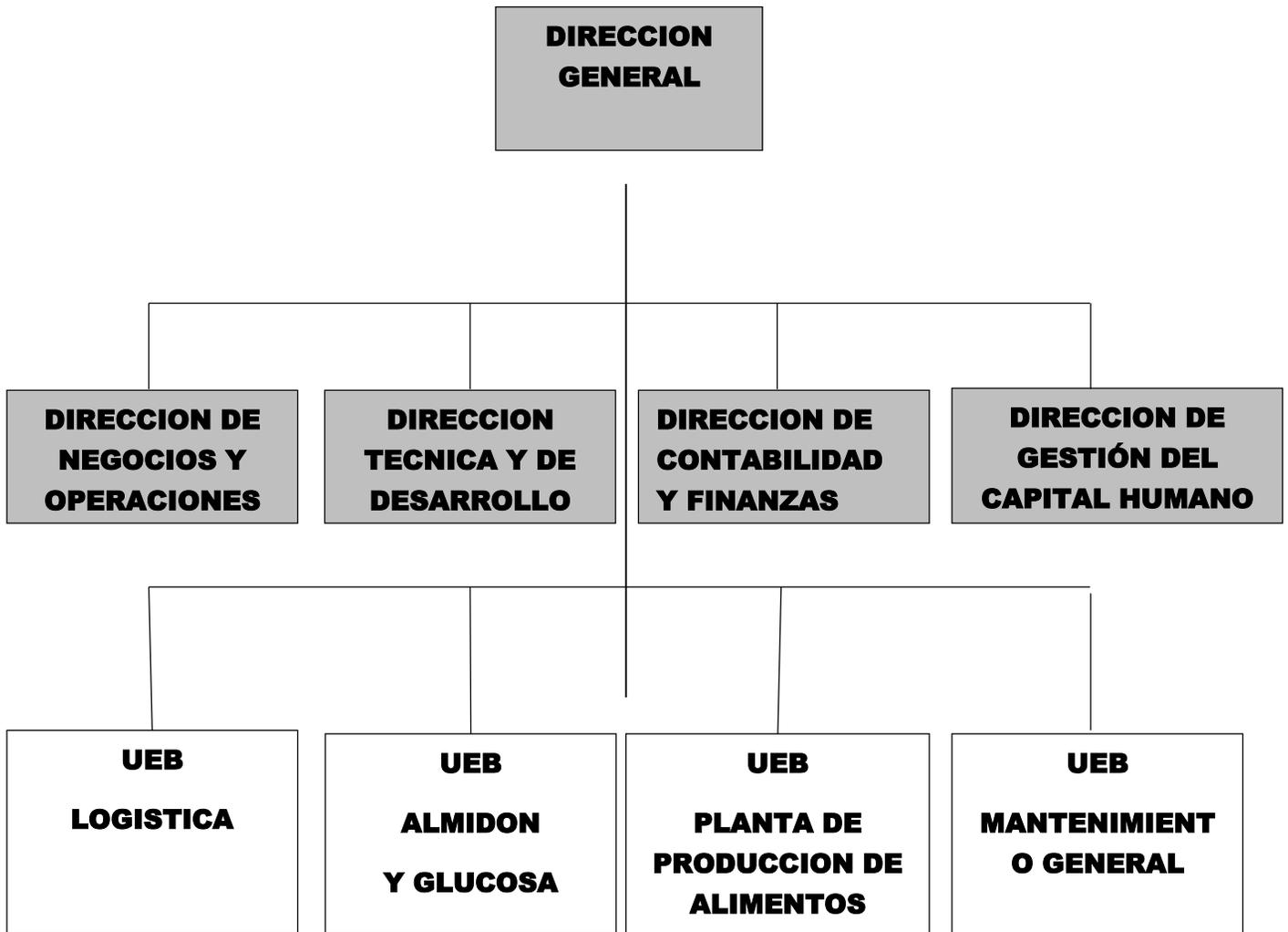
Anexo. I. Diagrama de bloque del proceso de molienda seca del maíz. **Fuente.** Elaboración propia.



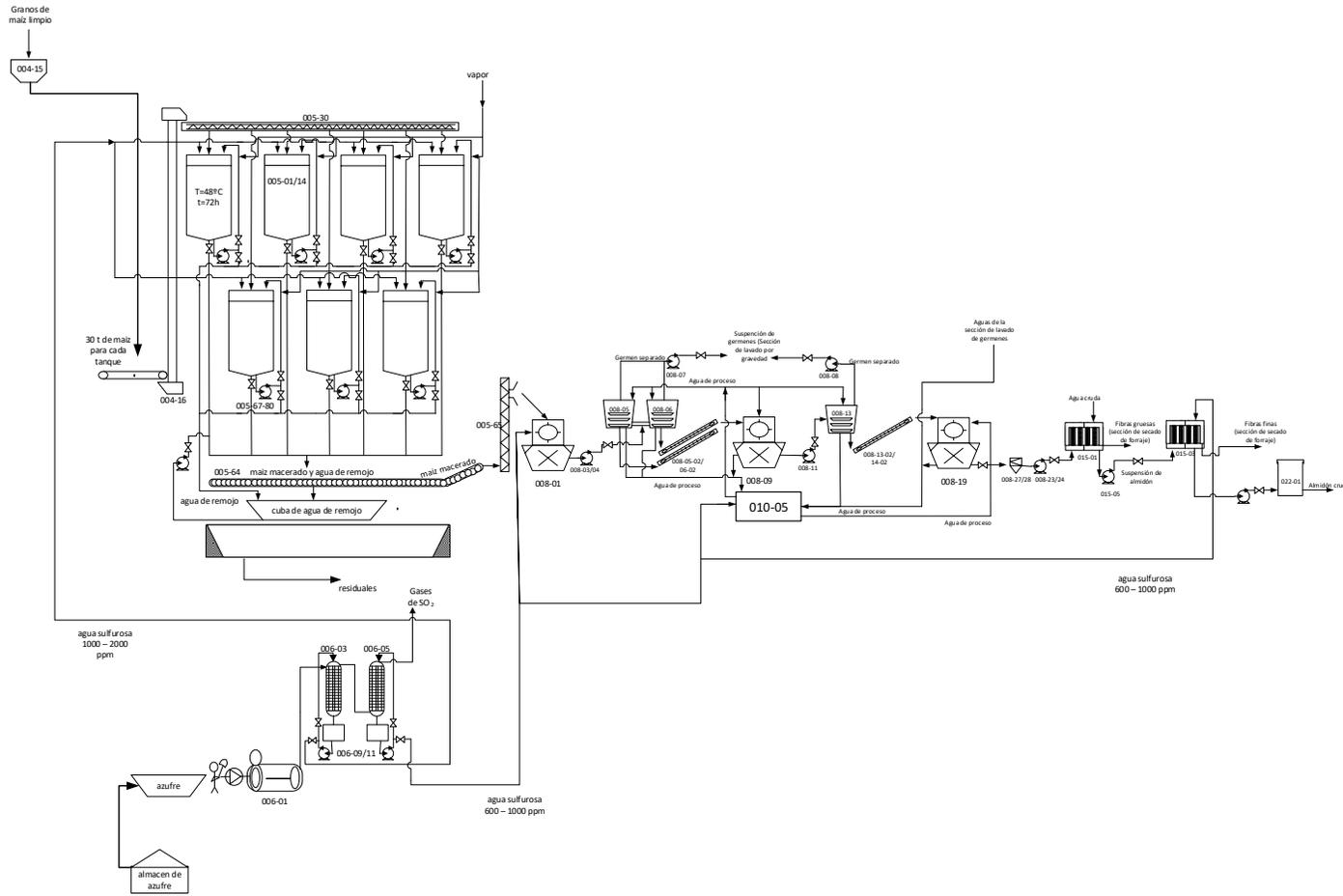
Anexo. II. Diagrama de bloque del proceso de molienda húmeda del maíz. **Fuente.** Elaboración propia.



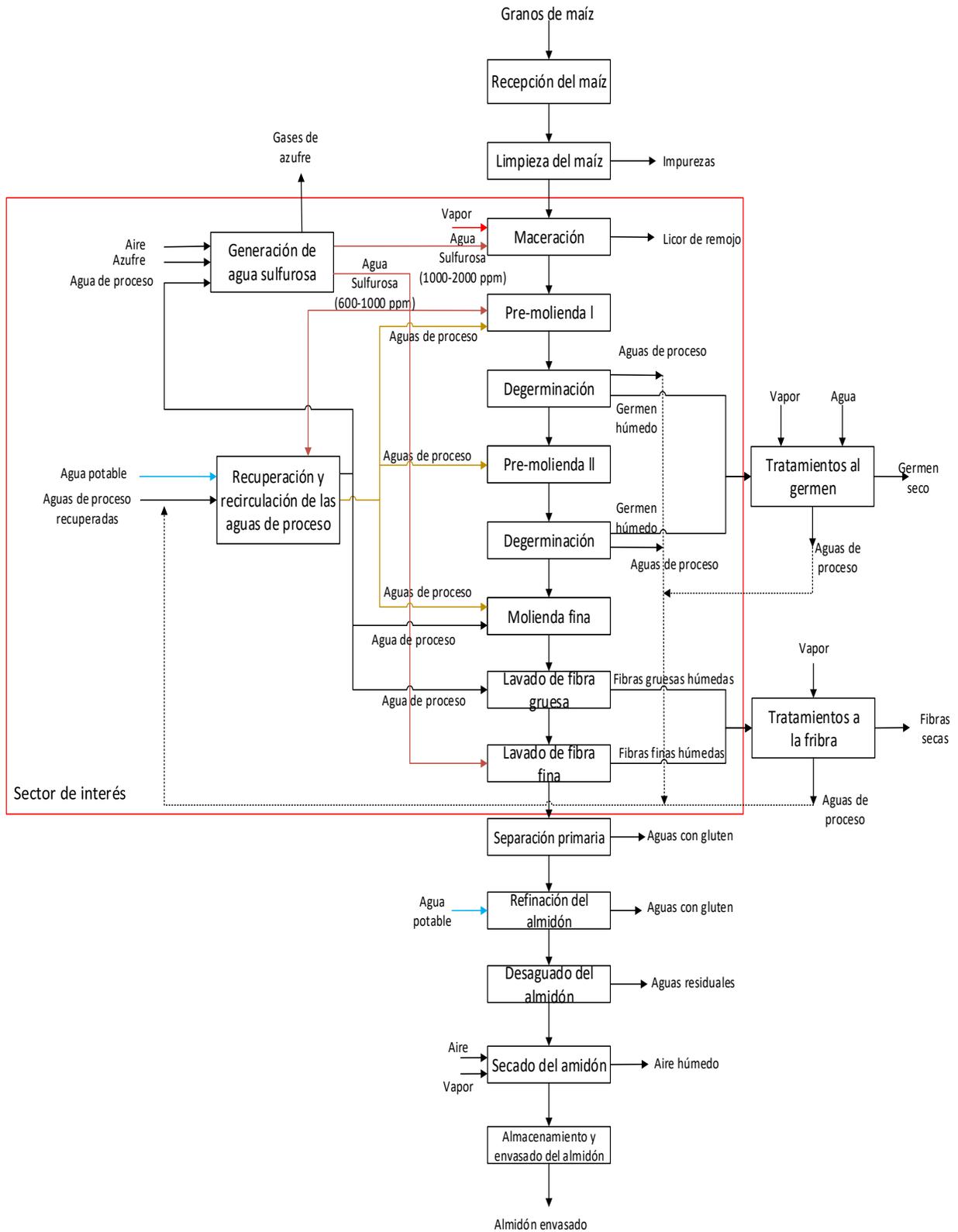
Anexo. III Estructura organizativa general de la empresa GydeMa. **Fuente.** Elaboración propia.



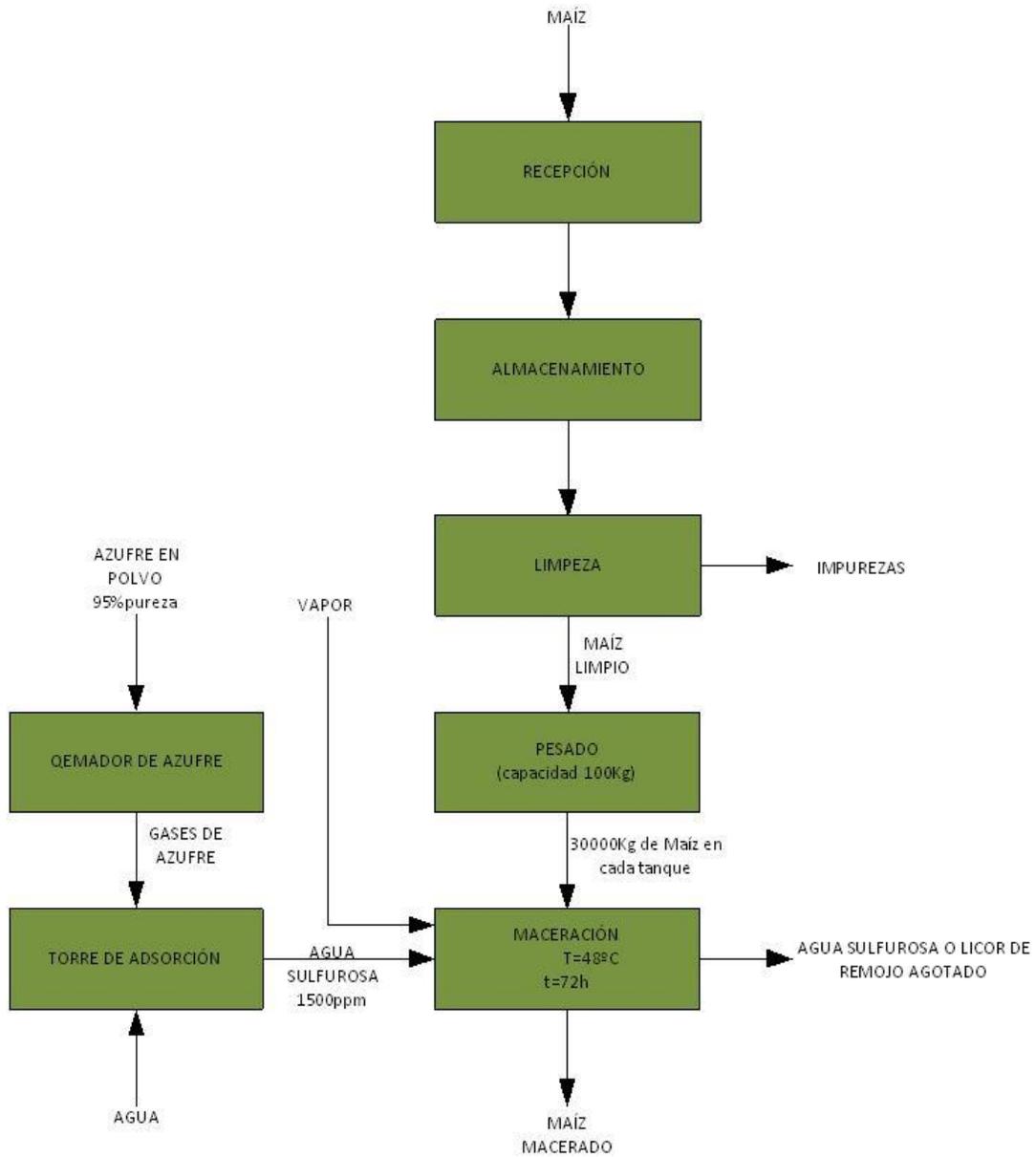
Anexo IV. Diagrama de flujo del proceso tecnológico de obtención del almidón de maíz en la Empresa GydeMa. Fuente. (Madriral, 2021b)



Anexo VI. Muestra la microestructura básica de esta planta. **Fuente.**(Madrigal, 2021b)



Anexo VII. Diagrama de bloque en el área de limpieza. **Fuente.** Elaboración propia.



Anexo VIII. Encuesta para la selección de los expertos que contribuirán al desarrollo del estudio.

Empresa Productora y Comercializadora de Glucosas, Almidón y derivados del Maíz GydeMa.

Propuesta en el área de limpieza.

Usted forma parte de los candidatos propuestos a seleccionar como experto en el tema de una "Propuesta en el área de limpieza en la Empresa Productora y Comercializadora de Glucosas, Almidón y Derivados del Maíz GydeMa". Es por ello que se requiere de su propia autoevaluación para de esta forma determinar su posibilidad de ser elegido. Para ello se le pide que por favor tenga en cuenta la importancia que se le confiere al tema.

Nombre y Apellidos: _____

Categoría Científica: _____

Centro de trabajo _____

Profesión _____

Años de experiencia: _____

- 1- Marque con una cruz (X), en la tabla que se muestra a continuación el nivel de conocimiento que presenta sobre las temáticas citadas. Considere que la escala se presenta de forma ascendente, es decir, el conocimiento sobre el tema referido va creciendo desde el 0 hasta el 9.

Nivel de conocimiento que posee	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proceso de limpieza del maíz										
Características con las que se recibe el maíz										
Normas de limpieza del maíz										
Equipos que intervienen en el proceso										
Actores que intervienen en el proceso										
Posibles hipótesis a presentar										

- 2- Diga si posee otros conocimientos que no se haya abordado en la encuesta.

