

**UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS “CARLOS RAFAEL RODRIGUEZ”
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA**



**TRABAJO DE DIPLOMA
EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERA QUÍMICA**

Estudios para el manejo de corrientes secundarias en la producción de almidón en la Empresa GydeMa.

Autor: Maray Enrique Puentes.

Tutores: Ing. Yoelvis Rivero Prieto.
Ing. Ramón Corona Medina.

Cienfuegos 2018

Pensamiento

Todas las personas pueden ser grandes porque todas pueden servir. No es preciso tener un diploma universitario para servir .No es preciso hacer concordar un sujeto o un verbo para servir. Basta con un corazón lleno de gracia. Un alma generada por el amor.

(Martin Luther King)

Agradecimientos

A Dios, a mi compañera y amiga Yohana, a mi esposo, a mis tutores Yoelvis y Ramón Corona, a Martha, muchas gracias a todos por su ayuda y apoyo.

Dedicatoria

A mi mamá y papá por darme la vida y por estar siempre a mi lado.

A mi padrino por apoyarme siempre en todo.

A mi hijo/a aún por nacer y mi esposo por darme fuerzas para continuar adelante.

Resumen

La Planta de Almidón correspondiente a la Empresa GydeMa produce almidón nativo a partir de maíz. En su condición original tenía concebido el aprovechamiento de diversos constituyentes del grano, separados en el proceso de extracción y preparados para su comercialización. Actualmente, por la incorporación de nuevas producciones y por el grado de deterioro de esta industria con más de 35 años de explotación, estas posibilidades se han modificado e incluso desaparecido.

A partir de una posible reparación capital de la fábrica dado el acceso a financiamientos, este estudio desarrolla la identificación de alternativas tecnológicas para la manipulación tecnológica de las corrientes secundarias del proceso, incluyendo la posibilidad de restablecer las condiciones operacionales iniciales.

Para consolidar el estudio se ha desarrollado la identificación tecnológica de la Planta en su condición original, el reconocimiento de las condiciones tecnológicas actuales y los análisis para nuevas variantes hasta hoy no contempladas. Todo ello permitió definir un diagrama de alternativas tecnológicas, unas incluyentes y otras excluyentes, que servirán de guía para el desarrollo de estudios técnico económicos y que podrán ser valoradas como alternativas de manejo de estas corrientes en función de las características de la materia prima y de las posibilidades de mercado de los subproductos.

Abstract

The Starch Plant corresponding to GydeMa Company produces native starch from corn. In its original condition was conceived the use of diverse constituents of the grain, separated in the extraction process and prepared for their commercialization. At the moment, due to the incorporation of new productions and because of the deterioration state in this industry, with more than 35 years of exploitation, these possibilities have modified and even missing.

Because of a possible capital repair of the factory thanks to the access to financings, this study develops the identification of alternative technological to the technological manipulation of the average secondary steams of the process, including the possibility of reestablishing the initials operational conditions.

To consolidate the study, it was developed the technological identification of the Plant in its original condition, the recognition of the current technological conditions and the analyses for new variants not contemplated until today. Everything allowed to defined a diagram of technological aternatives, some including and other excluding, that will serve as guide for the economic technical development of studies and that they will be able to be valued as alternative of handling the currents operation streams in function of the characteristics of the raw material and of the possibilities of marketing of the by-products.

Índice

Introducción.....	9
Capítulo I: Fundamentos que sustentan la investigación.	12
1.1- Generalidades sobre el grano de maíz y el aprovechamiento de sus componentes.....	12
1.1.1-El maíz. Fines e importancia.....	12
1.2.2-Calidad del grano de maíz.....	13
1.1.3-Componentes del grano de maíz. Aprovechamiento de estos.....	15
1.2- Subproductos del proceso de obtención de almidón de maíz y sus aplicaciones.	16
1.3- Procedimientos tecnológicos asociados a las corrientes de salidas en el proceso de obtención de almidón de maíz.....	22
1.3.1-Procedimientos tecnológicos de obtención de almidón de maíz.....	22
1.3.2-Productos de la molienda húmeda. Aplicaciones e importancia.....	25
1.3.3-Tendencias actuales en la obtención de almidón de maíz y subproductos.....	27
1.4- Resumen de alternativas en el manejo de corrientes secundarias en la obtención de almidón de maíz.....	28
1.5- Elementos metodológicos para el desarrollo de este trabajo.....	31
Capítulo II: Identificación de la condición tecnológica original y actual de la Planta de Almidón de GydeMa.....	37
2.1- Descripción general de la Empresa GydeMa en Cienfuegos.....	37
2.2- Análisis tecnológico en la condición original de la Planta de Almidón.	38
2.2.1-Descripción del proceso tecnológico de obtención del almidón de maíz en la fábrica ubicada en Cienfuegos.....	38
2.2.2-Identificación y clasificación de las Corrientes Secundarias en el proceso de obtención de almidón de maíz.....	43
2.2.3-Análisis de las condiciones tecnológicas originales de las Corrientes Secundarias.....	43
2.2.3.1-Descripción del tratamiento al Licor de remojo.....	43
2.2.3.2-Descripción del proceso de obtención de Germen.....	44
2.2.3.3-Descripción del proceso de obtención de Forraje.....	46
2.2.3.4-Descripción del proceso de obtención de Gluten.....	48
2.3- Análisis tecnológico en la condición actual de la Planta de Almidón.	49
2.3.1-Descripción del tratamiento al Licor de remojo.....	50
2.3.2-Descripción del tratamiento del Germen.	50
2.3.3-Descripción del tratamiento de las Fibras.	51

2.3.4-Descripción del tratamiento del Gluten.	51
Capítulo III: Integración de alternativas de manejo de las Corrientes Secundarias en la Planta de Almidón de GydeMa.	53
3.1- Definición de necesidades y oportunidades de modificación de la Planta en función del manejo de subproductos.	53
3.2- Análisis de alternativas para las Corrientes Secundarias.	53
3.2.1-Análisis de alternativas para el Licor de Remojo.....	53
3.2.1-Análisis de alternativas para el Germen.	54
3.2.3-Análisis de alternativas para las Fibras.	54
3.2.4-Análisis de alternativas para el Gluten.	55
3.3- Diseño de un esquema integrado de manejo de las corrientes secundarias.	55
3.4- Elaboración de diagramas de ruta para el destino de los subproductos obtenidos en el proceso	56
Capítulo IV: Valoraciones técnico económicas y ambientales de alternativas de manejo de las corrientes secundarias.	58
4.1-Valoraciones técnicas sobre las alternativas de manejo.	58
4.2-Valoraciones económicas sobre las alternativas de manejo.	60
4.3-Valoraciones ambientales sobre las alternativas de manejo.	62
4.4-Integración de las valoraciones.	62
Conclusiones	64
Recomendaciones	66
Bibliografía	67
Anexos	70

Introducción.

El maíz, en conjunto con el arroz y el trigo, es uno de los cereales más consumidos a nivel mundial. Este valor de consumo está asociado, entre otros factores, a la gran variedad de productos y co-productos que se pueden obtener a partir de él, ya sea mediante su consumo directo o mediante tratamientos mecánicos, físicos, químicos y biológicos que se le pueden aplicar directamente al grano para el máximo aprovechamiento de sus componentes.

En la Empresa GydeMa se produce almidón a partir del maíz. Como parte de este proceso se produce la separación secuenciada de diferentes componentes que forman parte del grano, que generan corrientes tecnológicas secundarias. Estos componentes pueden ser tratados dando lugar a diferentes co-productos que se comercializan. Se destacan cuatro corrientes fundamentales; el licor de remojo agotado, el germen, las fibras y el gluten.

La estrategia original de manejo de estos componentes se fundamentó en su aislamiento y comercialización independiente. Durante el tiempo de explotación de la fábrica la concepción original ha variado, y hoy una parte de ellos se destina a la elaboración de piensos sólidos que se fabrican en la propia entidad. Por otra parte, con el deterioro ocasionado durante más de 35 años de operación, algunas líneas tecnológicas han quedado afectadas y fuera de servicio, cambiando también el sentido previsto en base a la concepción original.

La dirección del Ministerio de la Agricultura y del Grupo Empresarial Labiofam ha estado valorando el desarrollo de una inversión capital con el propósito de mejorar las condiciones técnico-productivas de esta industria. Esto presupone la oportunidad de revisar la estrategia de manejo de las corrientes secundarias con el objetivo de incorporar la rehabilitación de líneas desactivadas y la modernización de otras en base al equipamiento obsoleto que presentan, y todo como parte de ese posible proceso inversionista.

Es importante tener en cuenta el valor comercial de algunos componentes de los que se separan a través de estas corrientes secundarias, constituyendo materias primas para otros nuevos productos. Así, el licor de remojo contiene productos de interés nutricional que pudieran considerarse en la opción de su separación y del Germen se puede obtener aceite con diversas aplicaciones en el campo farmacéutico y cosmético.

Algunos estudios se han realizado para abordar los tratamientos para los componentes de forma aislada, sin embargo, en las revisiones efectuadas no se detectan trabajos en los que se aborde la manipulación de estas corrientes de forma integral.

Problema Científico.

Estrategias limitadas en el manejo de las corrientes secundarias, problemas de deterioro y obsolescencia tecnológica, afectan la obtención de co-productos en la Planta de Almidón, reduciendo el valor agregado de algunos de ellos e incrementando los consumos de agua y la carga contaminante de sus residuales líquidos.

Hipótesis.

Se dispone de un sistema de alternativas tecnológicas desarrolladas en el orden cualitativo, para los tratamientos de las corrientes secundarias de salida en el proceso de obtención de almidón en la Empresa GydeMa, que garantizan un nivel de flexibilidad operacional en función de diversificar la obtención de subproductos.

Objetivo general.

Proponer alternativas tecnológicas para el manejo de las corrientes secundarias de salida más importantes del proceso de obtención de almidón, que permitan una operación flexible de la planta, la diversificación de los co-productos, la reducción de los consumos de agua y la carga contaminante en los residuales líquidos.

Objetivos específicos.

- 1-. Establecer los fundamentos científicos que sustentan la investigación para un adecuado sistema de aprovechamiento de las corrientes secundarias y la obtención de co-productos.
- 2-. Identificar la estrategia de manejo y las condiciones tecnológicas que existieron y existen en la actualidad, para las corrientes secundarias del proceso y su nivel de aprovechamiento.
- 3-. Proponer cualitativamente una estructura tecnológica compleja y flexible para el manejo perspectivo de las corrientes secundarias y su aprovechamiento.
- 4-. Desarrollar valoraciones económicas y medioambientales de la introducción de algunas de las alternativas consideradas.

Es preciso aclarar, que los análisis desarrollados en el trabajo son del orden cualitativo y se manifiesta en las propias valoraciones económicas y medioambientales presentadas. Los mismos pueden formar parte de una estrategia de análisis para su posterior solución cuantitativa no alcanzada en este informe.

Capítulo I: Fundamentos que sustentan 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 Hernández, 2009).

Su nombre científico proviene del griego Zeo, que significa vivir y de la palabra Mahíz, 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, 2015).

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, 2014).

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 anti estrés, 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.

1.2.2-Calidad del grano de maíz.

La calidad del grano de maíz está asociada directamente a la estructura y composición del propio grano. Las diferencias existentes entre su estructura y composición dependen en gran medida del cultivo y de las prácticas de manejo de este. Las variaciones climatológicas, el tipo de suelo en el que se cultiva, los métodos utilizados durante la cosecha y poscosecha constituyen también un factor importante a tomar en cuenta. También depende en gran medida de su constitución física, que determina la textura y dureza, como su composición química, que define el valor nutricional y las propiedades tecnológicas. De la importancia relativa de estas características resultará del destino de la producción.

Los mercados cada vez con más exigencias, 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 el grano de maíz, su calidad y propiedades tecnológicas son una preocupación fundamental. Se requieren granos sanos, limpios, uniformes de tamaño, textura y color. Por su parte, en las empresas semilleras se realizan, en una marca de alta competitividad, grandes inversiones para poner al alcance del productor nuevos híbridos que cubran los requerimientos del mercado y de la industria. En este contexto, a la hora de tomar la decisión de siembra, el productor deberá decidir acerca de la posibilidad de realizar producciones específicas de acuerdo con la demanda de la industria, pudiendo hacer contratos directos con las empresas del sector con precios superiores a los del mercado a granel. (E.E.A. INTA Balcarce., 2006)

Se efectuará un breve análisis referido precisamente a algunos de los parámetros de calidad que tiene en cuenta el mercado.

Composición.

El grano maduro de maíz está integrado por distintos tejidos que 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.

Dureza.

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.

Como una característica de la textura de los granos de maíz, debe ser considerada como el resultado de la contribución de varias características que incluyen a los compuestos químicos individuales así como a sus interacciones, y a los arreglos moleculares dentro del gránulo de almidón y el grano de maíz.

Otras características importantes son: densidad (gravedad específica), contenido de germen, porcentajes de endospermo y pericarpio, y tamaño del gránulo de almidón. A este respecto 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. (Taba, et al., 2013)

Incidencia del ambiente y del manejo del cultivo.

Daños físicos o mecánicos: La calidad del grano de maíz puede afectarse tanto en el cultivo en el campo, como en la cosecha y poscosecha. Los daños físicos o mecánicos pueden ser externos e internos. Los daños externos consisten en cortes y abrasiones del pericarpio del grano, mientras que los daños internos se manifiestan en forma de fisuras en el endosperma córneo.

Daños biológicos: Son responsables del daño, calentamiento y ardido de los granos de maíz durante el almacenamiento, varias especies de hongos de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*. Los hongos que atacan al grano de maíz en el campo requieren alto contenido de humedad en el grano y raramente sobreviven en el almacenamiento. Los hongos responsables de tales ataques corresponden generalmente a los géneros *Fusarium* y *Giberella*.

Porcentajes de proteínas en el grano: Las variaciones climáticas y las condiciones de cultivo determinan modificaciones en el porcentaje de proteínas del grano. Varios autores hallaron que una buena nutrición nitrogenada en maíz aumenta la densidad del grano, reduciendo la susceptibilidad al quebrado. Ello se produce como consecuencia del mayor contenido de proteína, especialmente de zeína presente en el endosperma córneo, y del incremento de la proporción de este tipo de endosperma.

1.1.3-Componentes del grano de maíz. Aprovechamiento de estos.

El Grano de maíz como se muestra en la figura 1.1, presenta cuatro estructuras físicas fundamentales o bien llamados componentes del grano: el pericarpio o salvado, el cual representa entre un 5 - 6% de la composición total del grano, el endospermo, que representa la mayor proporción en el grano con un 82 -83% , el germen o embrión con un 10-11%, y la piloriza, pico o pedicelo con una composición mínima de un 0,8-1,0%. (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), 2016)

La composición química del grano entero de maíz es la siguiente (% base seca): 8,1-11,5% de proteínas, 1,37-1,5% cenizas, 3,9-5,8% lípidos, almidón 67,8-74% (Haller, 2007).

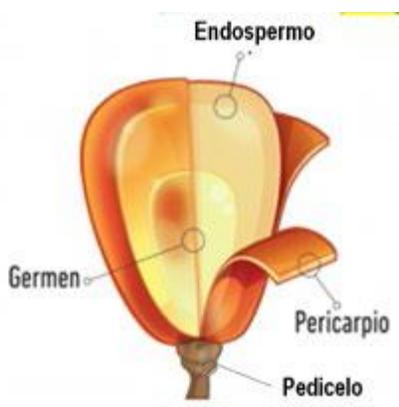


Figura 1.1. Estructura del grano de maíz. **Fuente.** (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), 2016)

Pericarpio.

El pericarpio es la parte estructural más externa del grano, es una película cuyo espesor normalmente varía de 60 a 80 μm , formado por un tejido denso y maleable, cuya composición aproximada es 77,7% fibra, 9,1% proteína, 7,3% almidón, 1% grasa y 4,4% de otras sustancias, todas las partes del pericarpio están compuestas por células muertas que son de forma tubular. Este componente puede ser aprovechado de diversas formas, puesto

que contiene una rica variedad de nutrientes. *Puede ser utilizado para fabricar pienso animal, para la obtención de gluten, almidón, etc.*

Pedicelo.

El pedicelo es la estructura celular con la que el grano se encuentra unido al olote. Está compuesto de haces vasculares que terminan en la porción basal del pericarpio, consta de una capa exterior de abscisión que sella la punta del grano maduro. A esta capa le sigue una serie de células parenquimatosas en forma de estrellas, ligadas por sus puntas, formando una estructura frágil y porosa, conectada con la capa de células cruzadas del pericarpio. Esta estructura es responsable de la absorción de líquidos del pedicelo al pericarpio. *Puede ser aprovechado en la producción de pienso animal.*

Endospermo.

El endospermo está compuesto por células alargadas con paredes delgadas de material celulósico, empaçadas con gránulos de almidón (de 5 a 30 μm) sumergidos en una matriz proteínica (almidón-proteína). La unión e integridad estructural entre la proteína y los gránulos de almidón hace completamente duro al grano de maíz. El endospermo está compuesto de dos regiones: una harinosa y otra vítrea. La región harinosa del endospermo es caracterizada por gránulos grandes y casi redondos de almidón, están débilmente empaquetados y asociados a una matriz proteínica delgada y con muchos espacios de aire entre ellos. El endospermo vítreo tiene células pequeñas con gránulos de almidón pequeños, que adquieren estructura poligonal y están fuertemente empaquetados por una matriz de proteínas sin espacios de aire entre los gránulos. *De este componente se obtiene básicamente la fibra gruesa y fina que constituyen el forraje utilizado como alimento animal; además se puede extraer aunque en pequeña proporción almidón.*

Germen.

El germen de maíz es un componente con un alto contenido de grasa (15 a 30%), proteína (10 a 18%) y sales minerales, funciona como un órgano o almacén de nutrientes y hormonas que son movilizados por enzimas sintetizadas durante la etapa inicial de germinación. *Es por ello que es destinado fundamentalmente a su aprovechamiento en la industria de fabricación de aceites.*

1.2- Subproductos del proceso de obtención de almidón de maíz y sus aplicaciones.

El grano de maíz es una mezcla compleja de almidón, proteína, aceite, agua, fibra, minerales, vitaminas y pigmentos envueltos en un paquete que parece celofán. La molienda húmeda del maíz aumenta el valor nutritivo y económico del paquete separándolo en fracciones homogéneas. Aunque el proceso de la molienda húmeda fue diseñado para producir almidón relativamente puro para usos industriales y alimenticios, la meta hoy en día es buscar la utilización óptima y el valor máximo para cada parte del grano de maíz. La calidad del producto aumenta constantemente gracias a los desarrollos en el proceso de la molienda húmeda, mejoras en los requisitos nutritivos de los animales y las necesidades del consumidor. (Weigel, Loy, & Kilmer, 2015).

Como co-productos del proceso de molienda húmeda (ya sea que el almidón se destine a la producción de fructuosa o etanol), se obtienen el *germen* que deriva en el aceite de maíz y el *gluten meal* y *gluten feed*, destinados a la alimentación animal (el *gluten meal* principalmente para aves, y el *gluten feed* para ganado). (Goizueta, 2014).

Licor de Remojo.

Es un co-producto obtenido a partir de la molienda húmeda de maíz, en la literatura también nombrado como *agua de maceración*, 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 dadas las condiciones apropiadas fácilmente fermentable.

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, tales como 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 nutrientes sólidos 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. (España Patent No. 2 037 097, 1993).

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, propiánico y butírico; alcoholes metílico, etílico, y propílico.

Germen.

De este se puede obtener aceite, puesto que está constituido básicamente por lípidos (grasas). El aceite de germen presenta importantes propiedades y características que lo hacen ser utilizado con diversos fines. Este aceite a diferencia de otros aceites vegetales es comercializado refinado y fraccionado. (Franco, 2002)

La figura que aparece a continuación representa el tratamiento que recibe el germen para la producción de aceite.

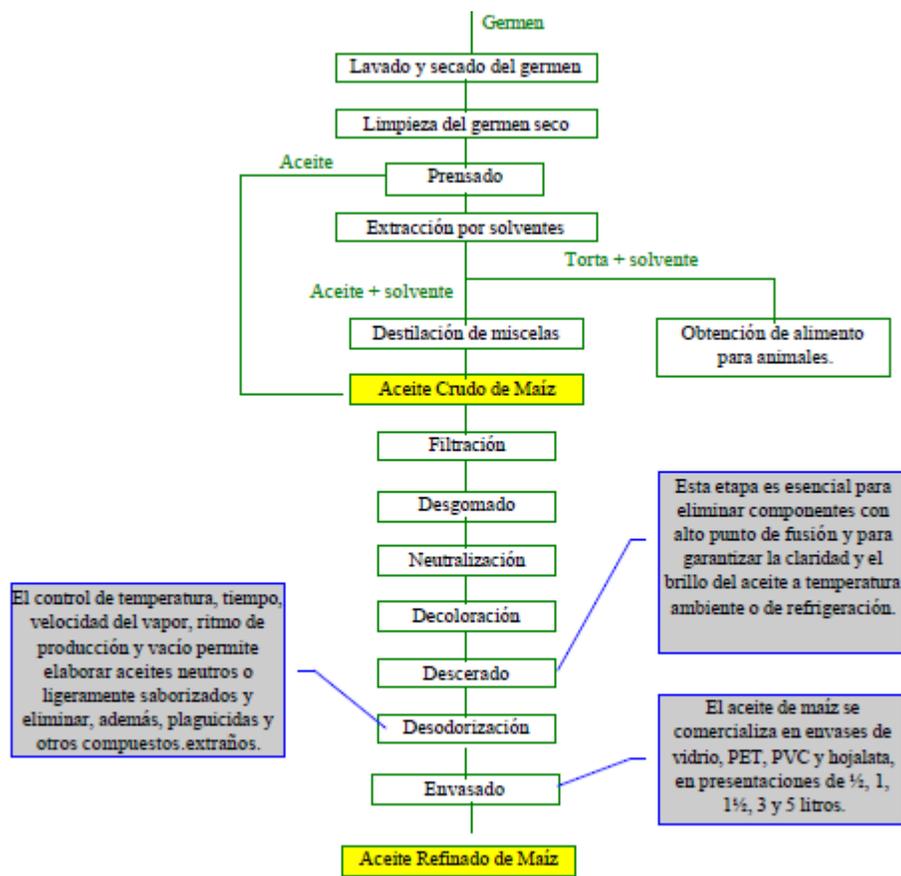


Figura 1.2. Proceso productivo del aceite de germen. **Fuente.** (Franco, 2002)

Este aceite es altamente utilizado para el consumo humano. Experimentos realizados, han demostrado que al aceite de germen de maíz se le asocian propiedades terapéuticas, es por ello que se utiliza en la dieta diaria de muchas personas; constituyendo así el reemplazo de otras grasas o aceites, puesto que tiende a disminuir el colesterol y las lipoproteínas de la sangre. Esto lo hace ser un producto natural dietético para luchar contra las posibles causas de las arteriosclerosis, principalmente para personas con arterioesclerosis en una edad avanzada, a personas que presentan problemas de hipertensión, obesidad y trastornos arteriales.

Estudios recientes además que el aceite de maíz tiene mayores efectos benéficos sobre los niveles de colesterol en sangre que el aceite de oliva extra virgen, debido en parte a la capacidad de bloqueo de colesterol natural de esteroides vegetales. El aceite de maíz posee cuatro veces más fitoesteroides que el aceite de oliva, y un 40% más que el de canola. Información basada en el análisis del aceite de maíz y en la comparación de otros aceites para cocinar realizada, enfatizan al acentuar que el aceite de maíz contiene 135,6 mg/porción de fitoesteroides, frente a 30,0 mg/porción en el aceite de oliva. Cabe señalar que los fitoesteroides son sustancias vegetales que se encuentran presentes de forma natural en frutas, verduras, nueces, semillas, cereales, legumbres y en aceites vegetales, tal como el aceite de maíz. El aceite de germen de maíz es seleccionado, con muy baja acidez, de sabor agradable y con un aspecto físico y paladar muy parecido al aceite de oliva; pudiendo ser evidentemente sustituto de este, incluso en todos los usos que se le asocia: crudo, para freír, cocer, etc.

Posee una importante riqueza en vitamina E dado que 100 g. de este alimento contienen 34 mg de esa vitamina, contribuyendo a que sea ideal para prevenir enfermedades circulatorias, vasculares, neurológicas o de esterilidad. No contiene cantidades significativas de proteínas, carbohidratos, ni fibra alimentaria.

Entre las propiedades nutricionales, cabe destacar que tiene los siguientes nutrientes: trazas de vitamina B1, de vitamina B2, de vitamina B5, de vitamina B6, y 31 ug de vitamina K.

Por no contener sodio, consumir el aceite de maíz resulta beneficioso para personas con hipertensión y/o colesterol alto. (De Bernaldi, 2016)

Del germen también se pueden producir bagazo, este es una materia prima rica en proteínas y materia grasa, conteniendo además una porción de almidón. El bagazo es utilizado como

materia prima para piensos. El bagazo de germen cuenta con algunas especificaciones, tales como se muestran en la Tabla 1.1.

El Bagazo de maíz puede ser utilizado en la mayoría de las fórmulas para alimento animal. Se granula fácilmente y favorece, gracias a su contenido elevado de materia seca, la incorporación de líquidos. En las fórmulas para rumiantes, el Bagazo de maíz adquiere un lugar significativo por su valor nutricional elevado y por su excelente apetencia. (Dadelos Agrícola, 2016)

Tabla 1.1. Especificaciones del Bagazo de germen. **Fuente.** (Dadelos Agrícola, 2016)

Aspecto	Harina
Humedad	2,87% (10% máximo)
Proteína	21%
Grasa Bruta	10%
Fibra Bruta	12,3%
Cenizas	2%
P	0,2%
Densidad	0,6 g/ml

Forraje

Se obtiene a partir de las fibras separadas en el procesamiento del maíz. En el proceso de obtención de almidón las fibras son separadas en dos etapas, primero las fibras gruesas y luego las fibras finas, ello con el propósito de evitar al máximo el arrastre de almidón en ellas. Las fibras se unen y se secan para conformar el *Forraje*.

El *Forraje* puede enriquecerse con el Licor de remojo incrementando su valor nutritivo, en este caso añadido a las fibras antes de secarse. Del mismo modo ocurre cuando del gluten se obtiene el aceite y entonces la torta o bagazo también se incorpora a las fibras para extender el *Forraje*.

Gluten

Se pueden obtener principalmente *Gluten feed* y *Gluten meal*, en dependencia de los componentes que los conformen, los cuales son utilizados principalmente como alimento animal.

El Gluten feed de maíz (GFM) también llamado *Pienso de Gluten* o *Corn Gluten feed* es un ingrediente que combina muy bien en mezclas destinadas a lograr altas producciones de carne (feedlot) y leche, debido a que el contenido de almidón puede disminuirse en esas dietas. Cuando el GFM sustituye a importantes cantidades de grano de maíz, la acidosis ruminal, la disminución del consumo y la diarrea disminuyen mientras que el proceso de

rumia y la producción aumenta. Este es relativamente alto en proteína (20 a 25%), moderadamente alto en fibra (12 a 16% de FDA=Fibra Detergente Ácido) y moderado en energía. Con respecto al Gluten meal (GM) este es bajo en almidón, ya que la mayoría del mismo fue convertido, mediante procesos enzimáticos durante su industrialización. Se presenta en el mercado como una harina gruesa (seca o húmeda) o en pellets. Los pellets tienen la ventaja de su facilidad de manejo y transporte, además de su aptitud para mezclados en mezcladores. Su contenido de fósforo es alto, no así los de sodio y potasio.

Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Composición media del Gluten Feed Húmedo (Base Materia Seca).

Fuente. (Camps & González, 2002)

Materia Seca %	45
Energía Metabolizable (Mcal/kg MS)	3,00
Energía Neta de Mantenimiento (Mcal/kg MS)	2,1
Energía Neta de Ganancia (Mcal/kg MS)	1,48
Energía Neta de Lactación (Mcal/kg MS)	2,07
TND %	85
Proteína Bruta %	20-25
Proteína Degradable en el Rumen (PDR%)	65
Proteína No Degradable en el Rumen (PNDR%)	35
Digestibilidad de la PB	81,7
Valor Proteína bypass (relación soja)	0,8
Extracto Etéreo %	2,40
Fibra Cruda %	8,70
Fibra Detergente Neutro %	42
Fibra detergente Ácido %	14
Cenizas %	7,2
Calcio %	0,1
Magnesio %	0,4
Fósforo %	0,83
Potasio %	1,5
Sodio %	0,07
Cloro	0,22
Azufre %	0,3
Cobalto ppm.	0,15
Cobre ppm.	8,00
Yodo ppm.	0,07
Hierro ppm.	140
Manganeso ppm.	26
Selenio ppm.	0,30
Zinc ppm.	66
Provit. A (100 UI/kg)	3,30
Vit. E ppm.	15

pH	2,9-3,6
----	---------

El Gluten Feed húmedo posee color amarillento claro, con sabor dulzón a cereales tostados y ligero olor a maíz fermentado. (Camps & González, 2002).

El Gluten Meal es también un subproducto del proceso de molienda húmeda del grano de maíz. Es un ingrediente concentrado energético con altos grado de proteína, cantidades mínimas de almidón y fibra de maíz. Este producto se presenta en forma de harina con granulometría controlada. Posee un color amarillo-anaranjado. A continuación se puede observar en la tabla 1.3 algunas características o propiedades que presenta este producto, así como sus composiciones.

Tabla 1.3. Componentes del Gluten meal y su composición. **Fuente.** (Maria, 2012).

Proteínas (%)	40,0
Materia Grasa (%)	4,0
Humedad (%)	10,0
Aflatoxinas máx. (ppb)	20,0

Es utilizado principalmente en la elaboración de alimentos para mascotas y aves de corral. (Maria, 2012).

1.3- Procedimientos tecnológicos asociados a las corrientes de salidas en el proceso de obtención de almidón de maíz.

1.3.1-Procedimientos tecnológicos de obtención de almidón de maíz.

Existen dos métodos fundamentales para la obtención de almidón de maíz; la molienda seca y la molienda húmeda.

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. Sus principales productos eran la harina (o sémola de maíz molido) para la elaboración de arepas. También se utilizó en la fabricación de bebidas, alimentos y cereales. (Grande Tovar & Orozco Colonia, 2012) Esta apunta a una completa separación de las partes del grano de maíz (pericarpio, germen y endospermo) hasta donde sea económicamente factible. De esta molienda se obtienen “hominygrits” -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 co-producto se obtiene el germen (aceite de maíz). (Goizueta, 2014). Con la molienda seca se produce una variada gama de productos alimenticios y no alimenticios. Existen tres procesos básicos como el proceso de molienda en piedras o equivalente, el cual 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, asimismo 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).

Molienda húmeda.

Otro método de obtención de almidón de maíz es mediante un proceso altamente sofisticado llamado molienda húmeda de maíz. Este proceso tiene como objetivo, mediante medios físicos y químicos, separar los componentes del grano de maíz en una serie de productos útiles: almidón, gluten, germen y fibra. Este proceso comienza con la maceración del grano, con el objetivo de ablandarlo y de esta forma poder separar sus componentes de una forma más fácil.

Luego de este tratamiento se pasa seguidamente a operaciones de molienda de separación de cada uno de sus componentes. Los componentes del grano de maíz tienen distintas propiedades, es por ello que pueden ser separadas por propiedades físicas diferentes, por ejemplos por métodos basados en la diferencia de densidad y tamaño de partícula. La característica básica de este proceso es lograr la separación de los principales componentes del maíz empleando grandes cantidades de agua, lo cual lo hace diferente de la molienda seca del maíz. (Haros, 1999).

El primer paso que se realiza es la limpieza del maíz para separarlo de todo tipo de material extraño. Luego el grano es trasladado a grandes tanques donde se realizará la maceración, aquí es remojado el grano de maíz con una solución acuosa de SO_2 , en un período de 2 a 3 días, a una temperatura de aproximadamente 50 °C. Durante este proceso se disuelve

alrededor del 6% del peso seco del grano. Estos componentes disueltos son la fracción nutritiva del extracto de maíz fermentado y condensado (licor de maceración) que luego es tratado de forma independiente para ser utilizado en la fabricación de otros productos. Luego de la maceración, el grano de maíz absorbió abundante agua y reacciono con el SO_2 , de este modo ya el grano esta lo suficiente blando como para poder ser desintegrado, inclusive por simple fricción de los dedos.

A partir de este punto diferentes rutas pueden seguirse a partir de los propios componentes que se van separando. Un esquema de rutas del proceso de molienda húmeda de maíz se muestra en la figura 1.3. La jerarquía casi siempre queda determinada por la ruta particular que conduce a la obtención de almidón industrial y alimenticio (nativo). Sin embargo productos de segunda y tercera generación están contemplados en la citada figura. Así mismo no todas las rutas representadas son excluyentes, algunas se desarrollan simultáneamente por lo que en casi todos los casos se logra un significativo número de co-productos bajo la intención de producir el almidón. Los productos de salida fundamentales están destacados en azul.

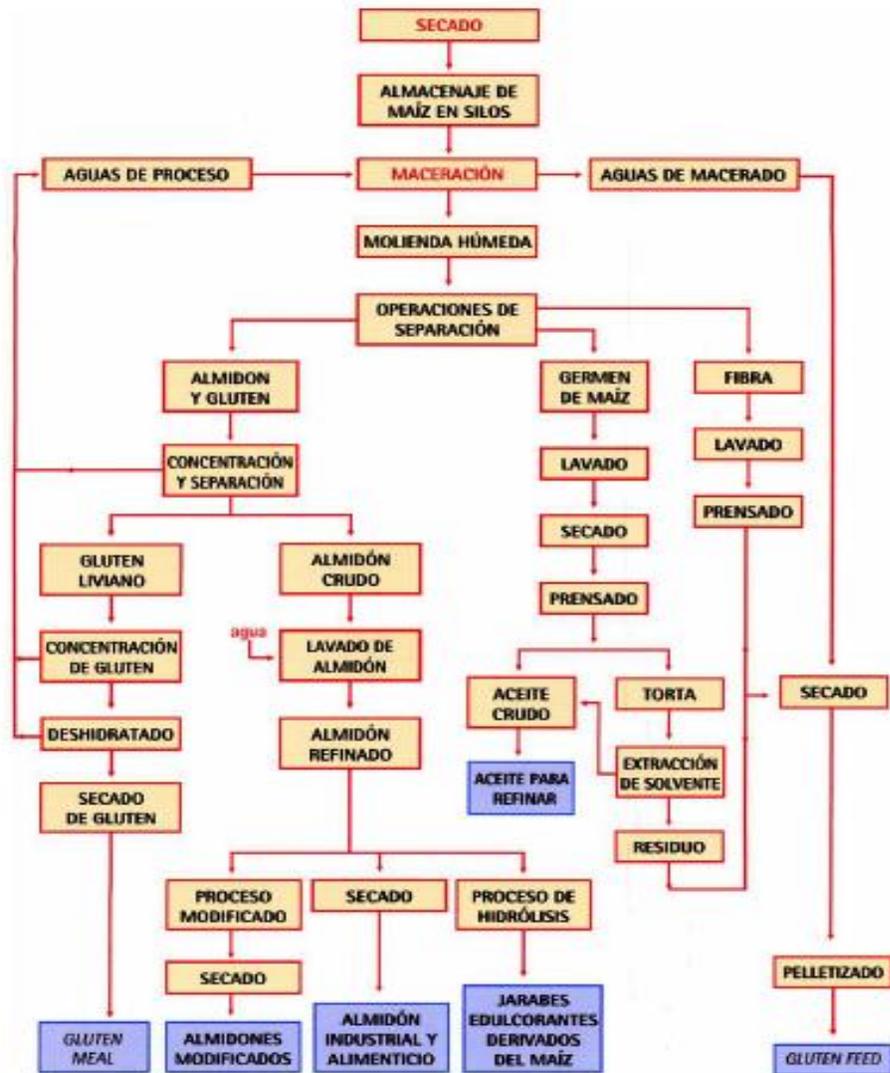


Figura 1.3. Diagrama del proceso de molienda húmeda de maíz. **Fuente.** (Haros, 1999)

1.3.2-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

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. (Adisa, 2015). 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 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 PLA también tiene muchas aplicaciones potenciales, por ejemplo como tapicería, ropa desechable, toldos, productos de higiene femeninos y pañales. (Manich & Cayuela, 2010)

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. (Diez Crespo, 2017)

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. (Informe Sectorial De Las Cadenas Agroalimentarias, 2013)

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. (García M., 2012)

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. (Quesada & Hernández, 2012)

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.

1.3.3-Tendencias actuales en la obtención de almidón de maíz y subproductos.

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 lo podemos observar en la industria de obtención de bioetanol, la cual ha estado desarrollando nuevas tecnologías que permitan una fermentación más eficiente del etanol y en la obtención de co-productos de alto valor añadido. Se han desarrollado nuevos métodos que pueden constituir peometedores para 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 co-producto con un alto contenido en proteína. Sin embargo el rendimiento para la obtención de estos co-productos disminuye .

A continuación se exponen algunos de los métodos implementados.

Se encuentra el método *Quick germ quick fiber* (fibra rápida, germen rápido) que incluye la puesta en remojo del maíz molido en agua para aumentar el peso específico, y situar el germen y la fibra en el sobrenadante antes de la fermentación. Esto resulta en un producto con un 28% de proteínas, un 5% de grasa y un 25% de fibra neutro detergente.

El proceso de *molienda en seco modificado* extrae el germen mediante un degerminador de tambor y la fibra del pericarpio al comienzo del proceso de molienda en seco, previo a la fermentación. Esto resulta en un producto con un 24% de proteína, un 8-9 % de grasas y un 28% de fibra neutro detergente.

El proceso *elusive* (esquive) incluye el fraccionamiento de los DDGS para extraer la fibra por tamizado y aspiración con aire. Esto resulta en un producto con más de 40% de proteína, un 15% de grasa y un 20% de fibra neutro detergente.

En el futuro, posibles modificaciones de las levaduras utilizadas en la fermentación pueden permitir cambios adicionales ,por ejemplo DDGS con un contenido superior en lisina. (Applegate, Latour, Ileleji, Hoffstetter, & Rodríguez, 2008)

1.4- Resumen de alternativas en el manejo de corrientes secundarias en la obtención de almidón de maíz.

En el epígrafe inicial se trató la potencialidad del grano de maíz de disponer de diferentes partes que tienen valor por sus composiciones, sobre todo y de forma inmediata, con fines alimenticios. La intención de separar su almidón, exige la separación y/o conversión de los otros constituyentes con el propósito de aprovechar al máximo esa potencialidad. La bibliografía consultada y referida en epígrafes anteriores abunda sobre como esta oportunidad es considerada y conjuntamente con la extracción del almidón o sus derivados, se separan por el camino esos ingredientes, siendo entonces característico en la fábricas industriales la obtención de co-productos típicos tales como el germen, la fibra (forraje) y el gluten. Todos con valor nutricional, ampliamente utilizados en la alimentación animal. En la figura 1.4 se muestra una ilustración que resume lo anteriormente explicado.

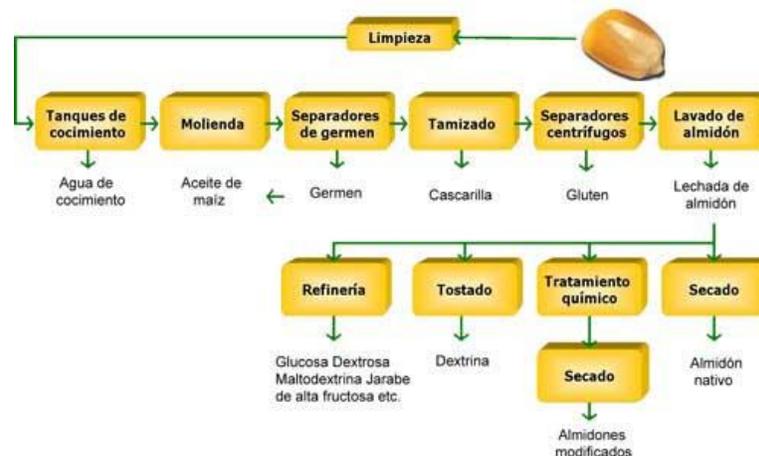


Figura 1.4: Derivados y co-productos inmediatos a partir del maíz. **Fuente.** (Robutti, 2014)

Esto determina que una alternativa común a todos ellos sea obtenerlos de forma separada para comercializarlos ya sea para su uso directo o para transformarlos posteriormente.

Teniendo en cuenta que el licor de remojo (agotado) tiene valor nutricional, el mismo puede incorporarse a alguna de las tres corrientes fundamentales ya mencionadas y enriquecer su contenido en este propio sentido, preferentemente con la adición de este a la fibra y en menor sentido al gluten.

Otra alternativa bien intencionada puede ser unir algunas de las tres corrientes principales (con licor o sin licor) o las tres, para conformar un suplemento alimenticio para animales que puede, con otros ingredientes, dar lugar a un pienso.

Hay componentes del grano que una vez separados en la ruta tecnológica hacia la extracción del almidón pueden no solo aislarse sino transformarse a otros productos, entiéndase como derivados directos de ellos, tal es el caso de la obtención del aceite de maíz partiendo del germen. Esto significa la presencia de nuevas alternativas.

Finalmente, en las descripciones y análisis presentados de los epígrafes anteriores se ha referido poco a una corriente que se desprende de la etapa de limpieza inicial del maíz, consistente en la fracción de granos alimentados que por sus defectos no deben continuar al proceso separativo de extracción del almidón y co-productos. Este maíz de rechazo, puede destinarse a la alimentación animal directamente, pero puede unirse a las corrientes secundarias principales consideradas en la elaboración de un suplemento nutricional que derivan en un pienso.

En la figura 1.5 se muestra un diagrama de rutas que consolida las alternativas más relevantes para el manejo y destino de las corrientes secundarias, considerando productos derivados de más de una generación. En este diagrama se han reflejado solo las etapas fundamentales.

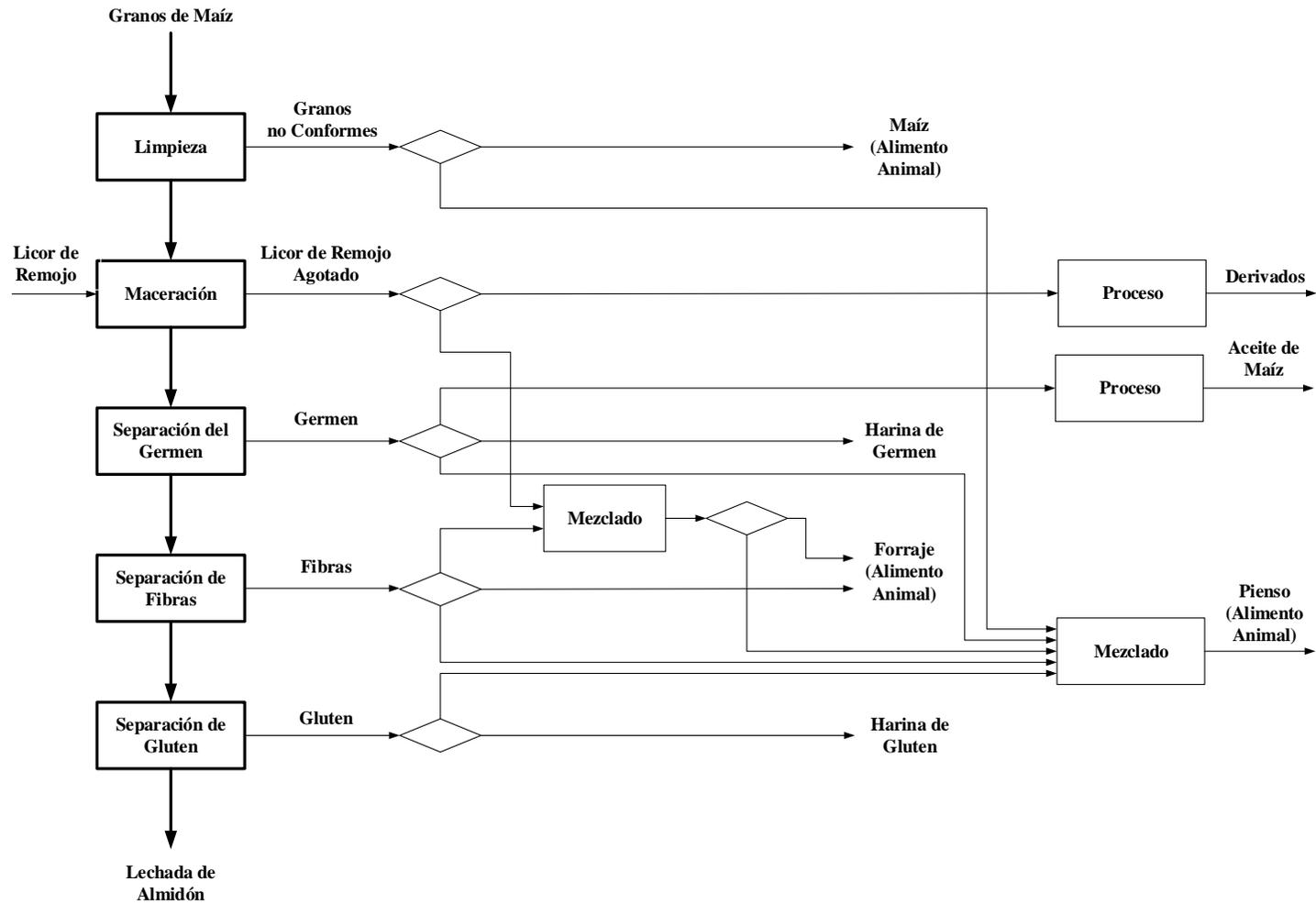


Figura 1.5: Diagrama de alternativas en el manejo de corrientes secundarias en el proceso de obtención de almidón. **Fuente.** (Elaboración Propia).

1.5- Elementos metodológicos para el desarrollo de este trabajo.

Para poder comprender el planteamiento de una metodología de solución del problema planteado y con ella responder a los objetivos trazados, es necesario definir algunos términos utilizados en este trabajo, tomando en consideración los criterios del autor y la literatura especializada, fundamentalmente la concerniente a la Ingeniería de Sistema de Procesos.

La *Corriente* o *Linea Principal de Proceso* se conforma por la secuencia de interconexiones y los tratamiento tecnológicos o procesos transformativos que se suceden directamente entre las materias primas y los productos finales. A las interconexiones de carácter material en esta secuencia se les puede llamar *Corrientes Primarias*.

Una *Corriente* o *Linea Secundaria de Proceso* se puede definir como la secuencia de interconexiones y los tratamientos tecnológicos o procesos transformativos que se suceden desde una entrada al Proceso que no es precisamente materia prima y se incorpora o inserta en algún elemento de la Linea Principal del Proceso o una secuencia similar que se separa de algún elemento de la Linea Principal y se orienta hacia a una salida que no es precisamente el Producto Final.

El *Producto Final* es la cualidad de salida de un Proceso Tecnológico que constituye la Función Total del mismo.

Un *Co-producto* es una cualidad de salida de un Proceso Tecnológico que se obtiene paralelamente al Producto Final teniendo menor jerarquía que este, pero con valor comercial.

Un *Derivado* se define como un nuevo producto generado a partir de nuevos tratamientos a los que se somete el Producto Final o los Co-productos de un Proceso.

Los tratamientos tecnológicos que conforman a las líneas secundarias se convierten generalmente en subprocesos adjuntos al proceso principal y de estos se pueden obtener subproductos o co-productos del Proceso como un todo.

La figura 1.6 se corresponde con la ilustración presentada en la figura 1.4, donde se han corregido algunos elementos de formato para elevar el rigor técnico y se han incorporado los conceptos expuestos en los términos anteriormente definidos.

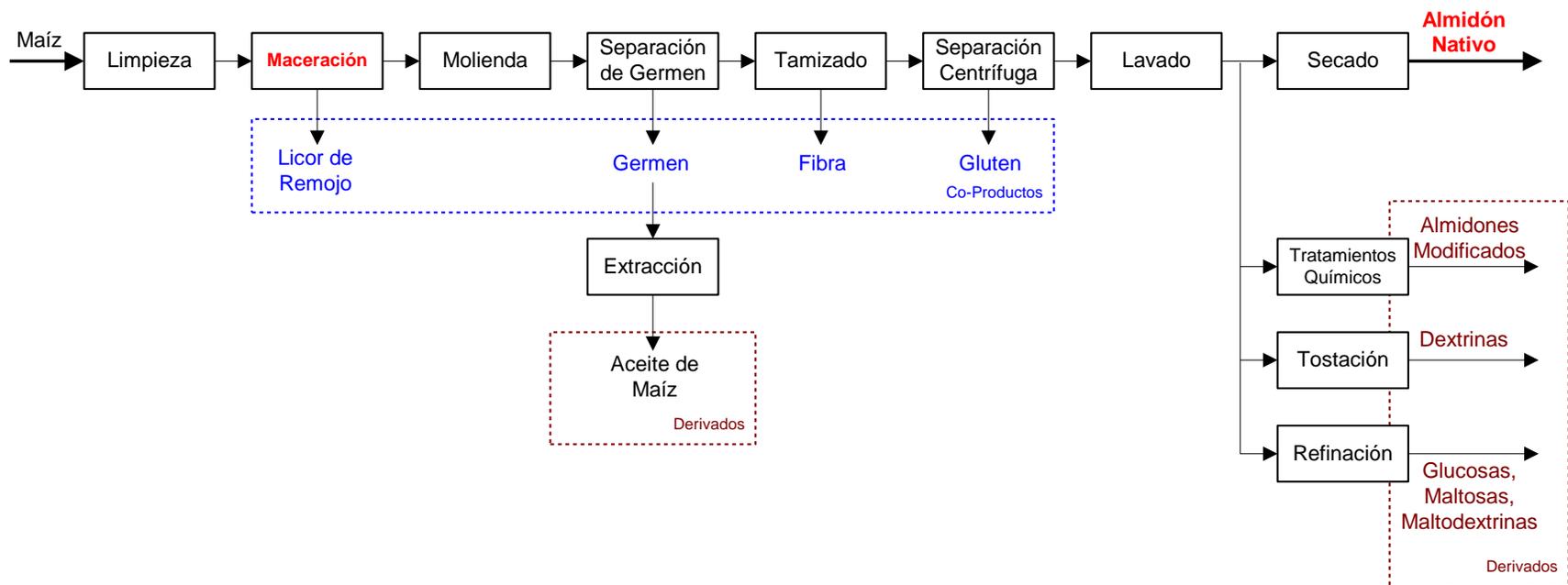


Figura 1.6: Interpretación tecnológica de la ilustración mostrada en la figura 1.4. **Fuente.** (Elaboración Propia).

La figura 1.6 es importante para poder explicar el acotamiento del sistema tecnológico estudiado al objetivo general definido para este trabajo. Primero, se está considerando un Proceso Principal que parte del maíz procesado por la llamada molienda húmeda para lograr Almidón Nativo como producto final. Segundo, el interés se concentra en Corrientes Secundarias de Salida, y tercero, dentro de ellas las cuatro siguientes:

- Línea de Licor de Remojo utilizado (agotado).
- Línea de Germen.
- Línea de Fibra.
- Línea de Gluten.

Como se puede observar las cuatro línea secundarias se han nombrado no por la calidad que se pudiera obtener en ellas, sino por la calidad que se separa de la línea principal. Esto es importante definirlo así porque en cualquier análisis y discusión sobre el manejo de estas salidas (entiéndase ahora como desprendimientos de la línea principal) puede general alternativas que pueden conducir a diferentes cualidades de salida (Co-productos y derivados). Por ejemplo, nombrar la línea que separa la fibra como forraje es predeterminar que el forraje es básicamente o exclusivamente la fibra adecuadamente tratada, sin embargo a partir de la propia figura 1.3 se puede observar que la fibra puede asociarse con otros componente como por ejemplo el Licor de Remojo. La figura 1.7 ofrece la simplificación de la figura 1.6 en correspondencia con el objeto de estudio delimitado.

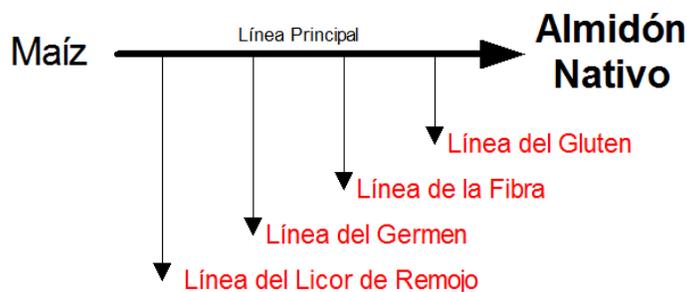


Figura 1.7: Esquemmatización de las Corrientes o Líneas de interés. **Fuente.** (Elaboración Propia).

Los métodos de investigación contemplados en este trabajo para cumplimentar los objetivos están limitados al nivel cualitativo fundamentalmente; es decir, no se considera el desarrollo de cálculos técnico-económicos que permitan tamizar, reducir alternativas y presentar soluciones definitivas.

Por tanto, es el análisis cualitativo el que sienta algunas pautas para la posterior toma de decisiones que si tendrían que estar respaldadas por lo criterios cuantitativos. Lo importante para esta etapa de la investigación es que a través de procedimientos de análisis y síntesis de procesos, poder exponer y sistematizar las alternativas y variantes que pudieran contemplarse con sentido técnico a partir de condiciones y potencialidades identificadas, y serían las condiciones coyunturales de mercado y las estrategias de desarrollo las que con la adición de valoraciones económicas y ambientales de mayor rigor definirían como proceder en la manipulación de estas cuatro líneas de proceso seleccionadas. Es una primera fase para establecer una política de manejo de estas corrientes en función de la diversificación de las producciones derivadas del maíz en su procesamiento más elemental (es decir para obtener almidón nativo).

La metodología de trabajo para enfrentar específicamente esta investigación en la fase ya definida se presenta en la figura 1.8.

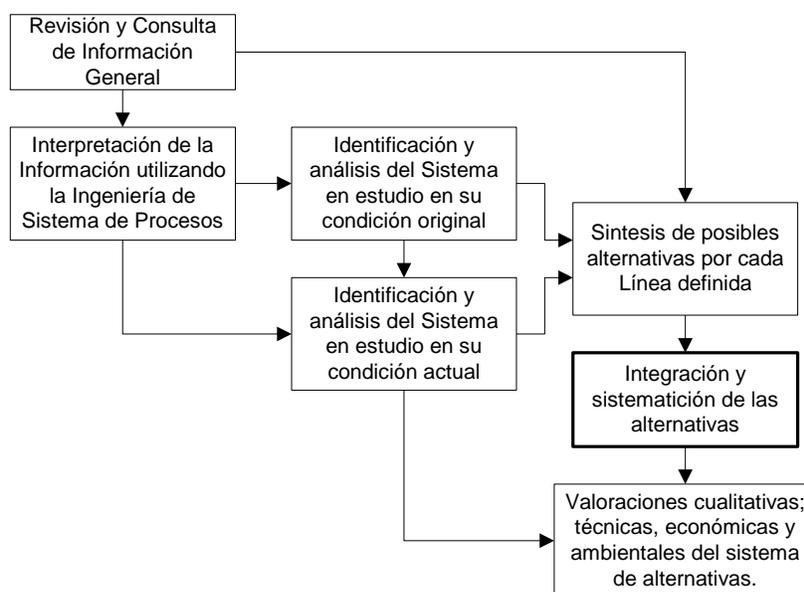


Figura 1.8: Diagrama heurístico con la metodología de investigación utilizada. **Fuente.** (Elaboración Propia).

La consulta y revisión de la información relacionada con la molienda húmeda del maíz como marco referencial y su interpretación se ha presentado dentro de este Capítulo 1. La identificación de las condiciones tecnológicas para la manipulación de las líneas secundarias seleccionadas en la planta de procesos de la Empresa GydeMa se ofrece en el Capítulo 2. Aquí los **análisis** se realizan en dos momentos o estados de la Planta; su

condición original y su condición actual. Después más de 35 años de explotación de esta Planta, su condición operacional ha variado por diversos factores y estas variaciones son significativas para las corrientes seleccionadas en este estudio. La **síntesis** de las posibles alternativas para una perspectiva operación y su *conceptualización* y *sistematización* se presenta en el Capítulo 3, siendo estos los resultados más relevantes alcanzados. Valoraciones técnicas, económicas y ambientales preliminares (cualitativas) se ubican en el Capítulo 4 como un análisis de los resultados presentados en el Capítulo 3.

Capítulo II: Identificación de la condición tecnológica original y actual de la Planta de Almidón de GydeMa.

2.1- Descripción general de la Empresa GydeMa en Cienfuegos.

La actual Empresa Productora y Comercializadora de Glucosas, Almidón y Derivados del Maíz, es conocida comercialmente con el nombre de GydeMa, fue puesta en marcha en enero de 1981 después de un proceso inversionista que duró 6 años y se subordinó por entonces a la rama Confitera del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL). Es la única de su tipo en el país y fue creada en ese entonces para producir Glucosa ácida como materia prima para la producción de caramelos y la exportación de estos a países del Consejo de Ayuda Mutua Económica.

Se encuentra localizada en la Zona Industrial # 2, en el Reparto Pueblo Griffó de la Ciudad de Cienfuegos, provincia de Cienfuegos, lo que equivale exactamente a ubicar en la periferia noreste de la ciudad cabecera de este territorio. 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, y limitando al sur con el asentamiento poblacional de Pueblo Griffó.

Esta contaba con un solo establecimiento que era la Fábrica de Almidón y Glucosa, formada por tres plantas: Almidón, Glucosa y la de tratamiento de Residuales. La planta de almidón es de nacionalidad sueca, de la firma ALFA-LAVAL y la de Glucosa es de Dinamarca, de la firma DDS Kroyer.

En ese inicio era una empresa de moderna tecnología donde sus principales características tecnológicas eran la molinación húmeda del maíz y la de obtención de sirope de Glucosa por un proceso de hidrólisis ácida y ácido-enzimática.

Además de la producción de Sirope de Glucosa y Almidón se producían co-productos tales como: Germen, Gluten, Pienso y agua de Remojo. La capacidad productiva planificada para la Planta fue en un inicio fue de:

Productos	Capacidad Diaria Popuesta (t.M)
Almidón	14
Sirope de Glucosa	90
Germen	7

Forraje	21
Germen	9
Agua de Remojo	19

Tabla 2.1: Capacidad de producción original de la Empresa.

Sin embargo, esta planificación no ha sido lograda durante los años que ha estado activa la planta debido fundamentalmente a la falta de maíz; materia prima importada, desde Canadá, Argentina, África del Sur, Argelia y en los últimos años desde EEUU; más reciente debido a la falta de piezas de repuestos y de un mantenimiento adecuado.

Actualmente y después de más de 30 años de explotación cuenta con una capacidad instalada de un 50 % con respecto a la de diseño, motivo por los cuales actualmente se pudieran producir diariamente 30 toneladas de Siropes de Glucosa, 15 toneladas de Almidón, 11 toneladas de Forraje, 4 toneladas de Gluten y 3,5 toneladas de Germen; según la estabilidad que se logre el proceso.

2.2- Análisis tecnológico en la condición original de la Planta de Almidón.

2.2.1-Descripción del proceso tecnológico de obtención del almidón de maíz en la fábrica ubicada en Cienfuegos.

El propósito fundamental original de la Empresa fue obtener almidón de maíz, más que Sirope de Glucosa por una incipiente demanda de este, muy por debajo de la capacidad instalada.

El proceso no es menos diferente a los utilizados en otras empresas dedicadas a este fin productivo. Lo primero que se realiza es la recepción del maíz, que es cuando el maíz llega a la fábrica por medio de camiones los cuales lo descargan en el embudo o pipa de relleno con una capacidad de 40t. 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, con el objetivo es compensar fluctuaciones en el suministro de los camiones.

Luego le sigue la limpieza, el maíz es transportado de los silos al tamiz vibratorio donde se separan principalmente pajas, pedazos de mazorca, piedras, etc. El tamiz esta combinado con un aspirador el cual retira arena y polvo. Separa además 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 es enviado 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 con una capacidad de 100kg, 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.

Seguidamente se presenta la maceración, etapa que determina y facilita posteriormente la separación de todos los componentes del grano (germen, fibra gruesa, fibra fina, gluten y almidón). El proceso de maceración o remojo se realiza con agua sulfurosa a 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 45m³ (aproximadamente 30t) los cuales tienen recirculación propia (de agua) y entre ellos mismos. El agua se 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. Es importante tener en cuenta que primeramente se alimentará el grano a los tanques y después el agua para evitar una explosión de los mismos. 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.

En la sección de molienda y degerminación, 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 la parte celulósica (la cual 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 sin fin 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 después para conformar 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), esta operación es llamada separación primaria. Por la fuerza centrífuga el gluten se separa por reboso y el almidón por el fondo se envía a la siguiente etapa.

Pasamos posteriormente a la sección de refinado, este consiste en terminar de separar el almidón de la proteína, para esto se pasa la lechada por una serie de centrifugas (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 centrifuga 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 o para el Tanque 1140 y 1150 con determinadas características de calidad para la producción de Glucosa Ácida o Enzimática.

Mediante el desaguado se pretende disminuir la concentración de 18°Be a un rango de 11 a 13 °Be antes de pasarla al filtro rotatorio al vacío con descarga de cuchilla. Mediante la acción del filtro se obtiene una pasta que se envía mediante un tornillo dosificador a la próxima área. (Capacidad máxima del desagüe 1260kg de almidón seco/h).

El área que le sigue es el de secado, aquí se transporta el almidón a un secador neumático

calentado por vapor el cual a través de un ventilador con aire caliente para de esta forma elevarlo y logrando su secado. 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. Por último, el almidón proveniente del tamiz se almacena temporalmente para después empaquetarlo en sacos de +/- 20 kg.

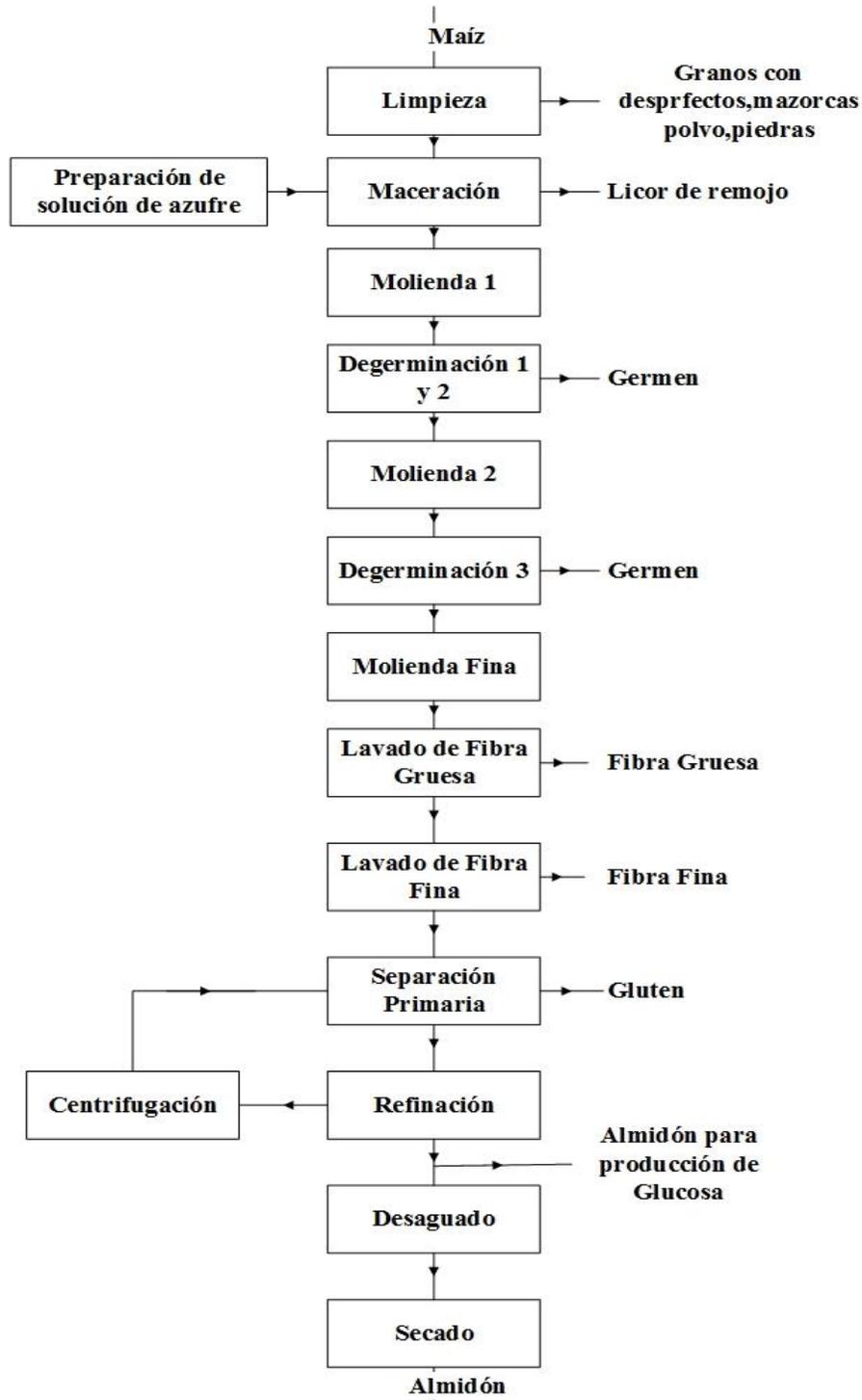


Figura 2.1: Diagrama de Bloques de la producción de Almidón en GydeMa.

Fuente. (Elaboración propia)

2.2.2-Identificación y clasificación de las Corrientes Secundarias en el proceso de obtención de almidón de maíz.

En la figura 2.1 se ha representado solo la corriente principal del proceso que fue implementado en la Empresa GydeMa desde su inicio para la obtención del almidón, y en el se distinguen diferentes corrientes de salida a partir de etapas de separación; corrientes que se corresponden en su mayoría con los diferentes componentes que en un principio forman parte del grano de maíz y van siendo paulatinamente separados.

Estas separaciones constituyen las corrientes secundarias de salida, que en su mayoría dan lugar a líneas de proceso que producen co-productos. Por esta última razón, las líneas de procesamiento del Germen, de la Fibra y del Gluten se distinguen de las restantes y constituyen corriente secundarias principales del proceso de obtención de almidón de maíz. Sin embargo, no puede desestimarse la importancia de la salida correspondiente al Licor de Remojo, primero por su valor y segundo por sus posibilidades de manejo, expresadas a través de la figura 1.4 del Capítulo 1.

2.2.3-Análisis de las condiciones tecnológicas originales de las Corrientes Secundarias.

En este epígrafe haremos una descripción del proceso que sufren los subproductos del proceso de almidón en los primeros años de su puesta en marcha, haremos referencia específicamente a los tres principales ya mencionados anteriormente (germen, forraje y gluten). También nos referiremos al licor de remojo que a pesar de ser un subproducto secundario constituye para nuestro trabajo fuente de interés debido a sus propiedades y de ahí su posible aprovechamiento.

2.2.3.1-Descripción del tratamiento al Licor de remojo.

El Licor de Remojo ya antes mencionado, es el agua de maceración concentrada por evaporación hasta un 35 % de sustancia seca, extraído como subproducto en el proceso de maceración del maíz mediante la solución de ácido sulfuroso obtenido al disolver en agua el dióxido de azufre al 99,9 % de pureza. Un 6,5 % del grano de maíz está compuesto de sustancias que pueden librarse con el agua de remojo.

Este subproducto constituye un elemento de gran interés en la alimentación animal por su alto contenido nitrogenado y vitamínico.

Su procesamiento es muy sencillo obtener , consiste en concentrar hasta un 35% de materia seca, en un evaporador de película descendiente con tres efectos el agua que emana constantemente la sección de maceración.

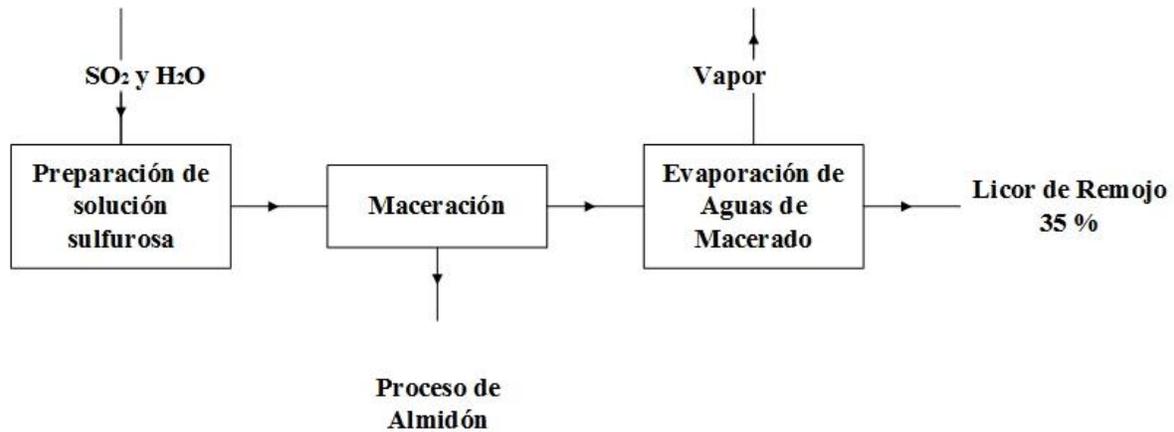


Figura 2.2. Diagrama de bloques de la concentración del Agua de maceración del proceso de almidón (Licor de remojo) **Fuente.** (Elaboración propia)

2.2.3.2-Descripción del proceso de obtención de Germen.

Para la obtención del germen se siguen diversos procedimientos, dichos procedimientos serán explicados en orden operacional.

Molienda 1:

El primer paso es durante el proceso en general de obtención de almidón, la primera molienda. Es aquí donde el maíz que proviene de la sección de remojo es transportado y alimentado al molino (008-01) el cual está provisto de un separador de piedra que consta de un sistema de agitación con el objetivo de mantener el maíz en constante movimiento para lograr que las piedras puedan ir al fondo del recipiente por diferencia de densidad entre ellas y el maíz. Este último cae al molino por reboso. El Molino cuenta con dientes que garantizan el desgarramiento del grano liberando el germen sin dañarlo se producirían disturbios en las etapas de separación del almidón por presencia de aceite del proceso. Para asegurar lo anterior el operador debe ajustar la distancia entre los platos del molino (setting) y mantener una proporción correcta de agua de maíz en la alimentación del molino, por lo cual se deben tomar muestras de la molienda periódicamente. El maíz pre-molido se bombea hacia los degerminadores I y II con 2 bombas centrífugas paralelas.

Degerminación:

La solución acuosa proveniente del molino previo I es recepcionado en la degerminadora A y B, la misma está provista de un sistema de agitación, el germen sube a la superficie por acción de flotación y ciclón, es muy importante que el operador chequee el rebozo de germen el cual debe ser iguales en la pareja de degerminadores A/B, y menor en la C. Se chequeará la densidad por parte del laboratorio. La suspensión acuosa libre de gran por ciento de germen, es transportada por 3 tornillos sinfines especiales, los cuales también tienen un efecto deshidratante, siendo su posición inclinada para este objetivo. Dos flujos acuosos descargan en el molino 1 y el otro en el molino fino. Las fracciones de gérmenes van hacia la sección de lavado por gravedad.

Premolienda II:

Toda la suspensión acuosa proveniente de la degerminadora C pasa al molino fino I (008-19) el cual trabaja a una velocidad supersónica de acuerdo al principio impacto/impulso lo que hace posible la reducción granulométrica de las partículas. La misma cuenta con un sistema de lubricación, separado y enfriado con agua el cual debe ser chequeado por el operador durante la operación. El flujo de producto es bombeado entonces por las bombas (008-23) hacia la etapa de lavado de cortezas. Antes de entrar en las bombas el líquido es desareado por los ciclones de desaereación para evitar problemas en la techada.

Lavado y Deshidratado de Germen:

Con el fin de purificar el germen éste entra a la lavadora por la parte inferior de la cuarta etapa avanzando hacia la primera a contracorriente con el agua. Cada etapa no es más que un cilindro perforado colocado verticalmente provisto en su interior de un tornillo sin fin encargado de transportar el germen hacia su parte superior. En su cribar todas las impurezas pasan al agua de lavado que finalmente se recopilan en el tanque de balance 010-05. Esta agua proveniente inicialmente del tanque de agua de proceso (38). Los embriones lavados que salen de la IV etapa caen en un tornillo colector que lo transporta hasta la prensa de tornillos continuos donde son desaguados antes de pasar al secador.

El agua derivada de esta prensa se retorna a la sección de Molinación.

Secado de Germen:

Se abre el paso de vapor por espacio de 30 minutos al haz tubular para un calentamiento previo sin carga. Después se alimenta lentamente con material húmedo el cual cae sobre el

haz tubular ocurriendo un intercambio de calor y masa a medida que se transporta por el secador. El producto seco cae después por una compuerta de rueda celular pasando por un aspirador de pellejo donde se separa el material fino y liviano del germen.

El germen ya procesado debe tener un valor de humedad 3-7%.

Almacenado de Germen:

El germen seco cae a través de la válvula rotativa en el ventilador de succión donde se separa el material fino y liviano. El resto de la corriente pasa a la tubería de transporte neumático mediante una válvula rotativa y se conduce a los silos con la ayuda del ventilador de transporte.

Aquí permanece el producto hasta su extracción a granel en camiones.

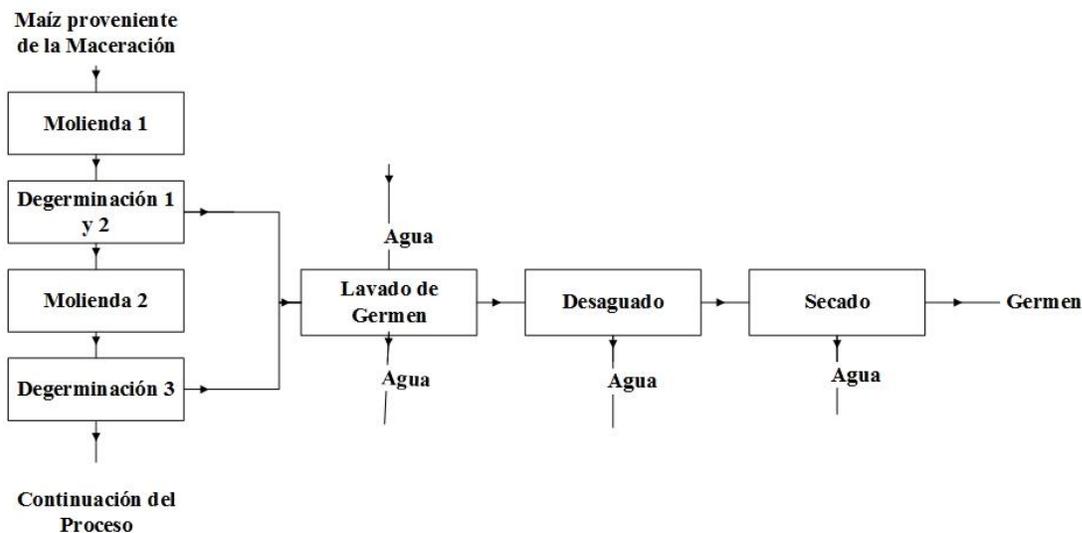


Figura 2.3. Diagrama de bloques del procesamiento del germen. **Fuente.** (Elaboración propia)

2.2.3.3-Descripción del proceso de obtención de Forraje.

Las fibras son la parte celulósica del grano de maíz y consiste en dos fracciones diferentes, las cortezas y las fibras finas o sémolas. A causa de sus propiedades diferentes las cortezas y las fibras se lavan separadas para asegurar el mejor resultado.

Lavado de Fibras Gruesas:

La suspensión acuosa proveniente del molino es bombeada hacia la lavadora de fibras gruesas la cual consta de 4 etapas trabajando en serie. Estas son del tipo de transportador de tornillo vertical. El agua de lavado penetra a contracorriente. De este lavado se obtiene las cortezas del maíz limpio y una suspensión acuosa del almidón con algunas fibras finas que

podieran pasar a través de la criba. Seguidamente es bombeada hacia las lavadoras de fibras finas. Toda la celulosa del maíz pasa al transportador.

Lavado de Fibras Fina:

Toda la suspensión acuosa de almidón proveniente de las lavadoras de fibras gruesas baja por gravedad a las lavadoras de fibra fina, la cual consta de 4 etapas trabajando en paralelo. Estas son del tipo de transportador a contracorriente y prosigue su flujo hacia el tanque de almidón crudo. Las fibras que se eliminan en este paso del proceso pasan a la criba de desaguado.

Desaguado de fibras:

Antes de mezclarse la fibra fina proveniente de las lavadoras ésta pasa por un proceso de desaguado en una criba de desaguado; el agua pasa al tanque 010-05 y la fibra cae en el tornillo, seguidamente va hacia el tornillo distribuidor, cayendo después en el tornillo colector, el cual es el encargado de alimentar al secador.

Secado de fibras:

Después de haberse calentado el secador a 145 °C se alimenta lentamente con material húmedo proveniente de las prensas. Transcurrido 30 minutos compruébese que el producto está uniformemente distribuido en las paletas y en los par –paletas. El secador logra disminuir su humedad hasta el valor previsto según las necesidades.

Almacenamiento de fibra:

El forraje seco es enviado mediante un sistema de soplado a uno de dos silos similares al o a otro colocado exteriormente de forma elevada a la salida del área techada. Este posee mayor capacidad. El silo interior recibe, además; del secador de germen, mediante soplado, cáscaras que el germen seco arrastra, tanto de los silos interiores como del exterior, el producto es extraído a granel para su envío a los consumidores.

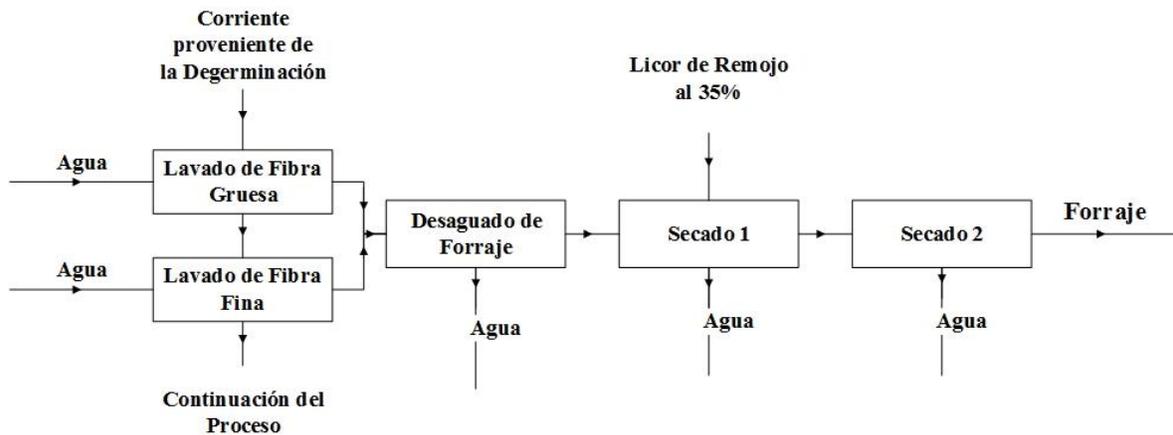


Figura 2.4. Diagrama de Bloques del proceso de obtención de la fibra como co-producto del proceso de almidón. **Fuente.** (Elaboración propia).

2.2.3.4-Descripción del proceso de obtención de Gluten.

Concentración de gluten:

La fracción de proteínas que sale de la separación primaria pasa por 2 flotadores o cajas de espumas de tipo contracorriente donde el gluten se recupera como la fracción ligera en la parte superior con una concentración de 15-20 g/l y de 65 -68 % b.s de proteínas.

Las bombas de espumadora envían el gluten al concentrador como reboso de las cajas de espumas en agua de proceso. El punto correcto de trabajo para la concentración se obtiene por control manual de reciclo.

Desaguado de gluten:

Esta sección tecnológica tiene el objetivo de extraer la mayor cantidad posible de agua a la suspensión acuosa de gluten.

El concentrado de gluten proveniente del tanque es bombeado al filtro de gluten, el cual trabaja al vacío por medio de una bomba para este fin; aquí se elimina la mayor cantidad de agua. El gluten húmedo adherido a la tela del filtro forma una torta la cual después por el efecto de una cuchilla va cayendo a un transportador de paletas y se mezcla con el reciclo y de aquí se alimenta a la sección de secado. El agua que se extrae del filtro es enviada al tanque de agua de proceso N.1

La tela del filtro para su higienización se lava por ambos lados con chorros de agua a alta presión.

Secado de gluten:

El gluten deshidratado con un contenido de humedad de 65 % es conducido por un transportador de paletas (tornillos sinfín) uniéndose por reciclaje parte al gluten secado previamente, este último es alimentado por un transportador inclinado que descarga en el tornillo sinfín.

El secador es neumático siendo el vapor la fuente de calor que intercambia con el aire de secado. El gluten seco va por dos ciclones donde se le elimina el aire para luego ser conducido por el transportador de cadenas al silo de almacenamiento

Almacenamiento de gluten:

El gluten es transportado a 2 silos por medio del transportador de cadenas, de los silos se transporta neumáticamente por las válvulas rotativas para la carga en camiones.

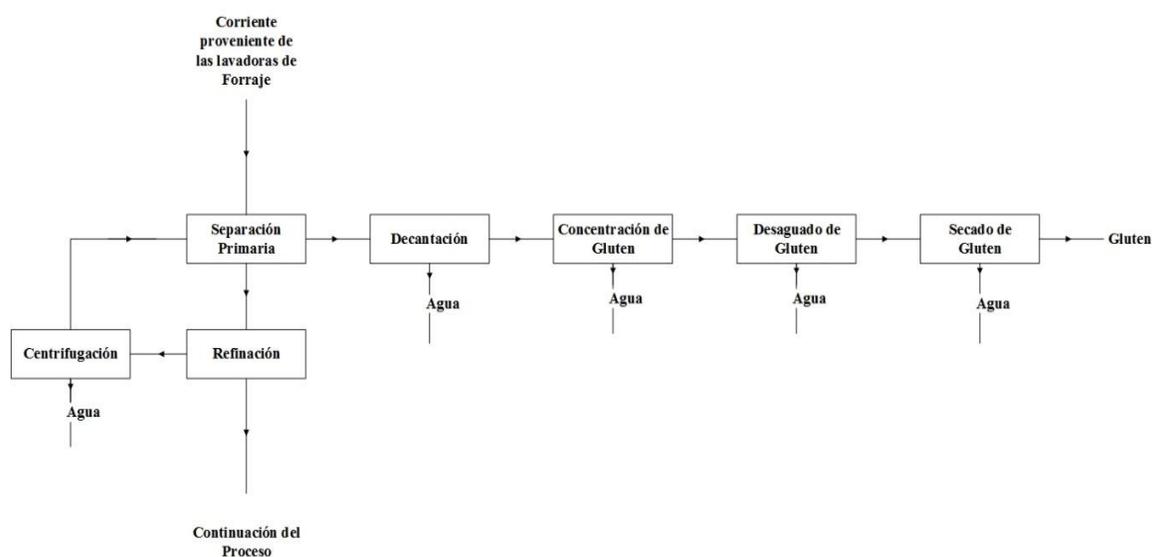


Figura 2.5. Diagrama de Bloques del proceso de obtención del Gluten como co-producto del proceso de almidón. **Fuente.** (Elaboración propia).

2.3- Análisis tecnológico en la condición actual de la Planta de Almidón.

Después de 37 años de explotación de la planta es evidente que no se encuentra en las mismas condición técnica y tecnológica que en sus inicios. Existen líneas de tratamientos tecnológicas en paro por averías técnicas, y otros factores que impiden el correcto funcionamiento de estas, incluso algunas de estas líneas de tratamiento de subproductos han desaparecido.

Se realizó una descripción de las cuatro corrientes secundarias y de igual forma se realizaron los diagramas de bloques que corresponde al actual tratamiento dado en dichas corrientes.

2.3.1-Descripción del tratamiento al Licor de remojo.

Esta línea se encuentra inactiva en su totalidad como consecuencia del deterioro de evaporador de este subproducto. Este pasa directamente, sin ningún tipo de tratamiento a la Planta de Residuales.

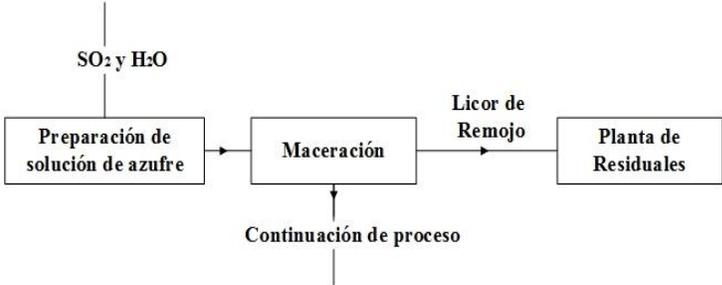


Figura 2.6. Tratamiento y destino actual del Licor de Remojo. Fuente. (Elaboración propia)

2.3.2-Descripción del tratamiento del Germen.

Esta línea de tratamiento se encuentra totalmente en uso, el germen procesado va directamente a una nueva sección creada por la Empresa con el objetivo de lograr un máximo aprovechamiento de este subproducto en la propia industria o bien para conseguir una nuevo método de obtención de ingresos para dicha Empresa (Piensos).

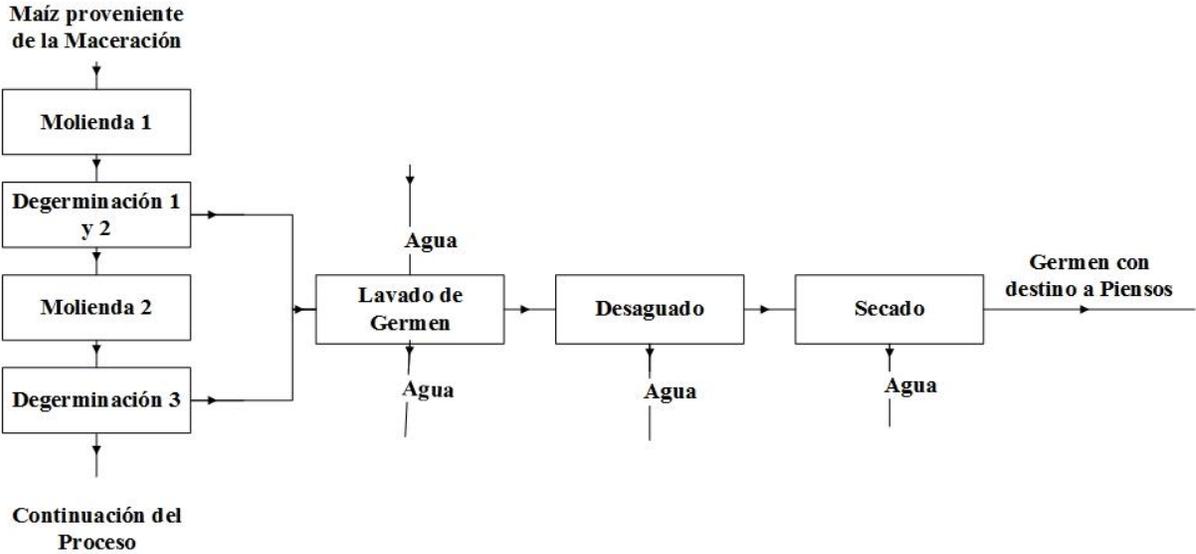


Figura 2.7. Tratamiento y destino actual del Germen. **Fuente.**(Elaboración propia)

2.3.3-Descripción del tratamiento de las Fibras.

La línea de forraje se encuentra activa pero con algunos cambios tecnológicos, solo existe un secador de forraje, el secundario, y por tanto la operación de enriquecimiento de este ya no se efectúa debido fundamentalmente al deterioro de dicho secador primario, al incorporar el licor de remojo al secador secundario aumenta la humedad ocasionando tupiciones constantes que pueden ocasionar paros en el proceso, constituyendo mucho trabajo para un solo secador en uso. El forraje pasa directamente a la sección de Pienso.

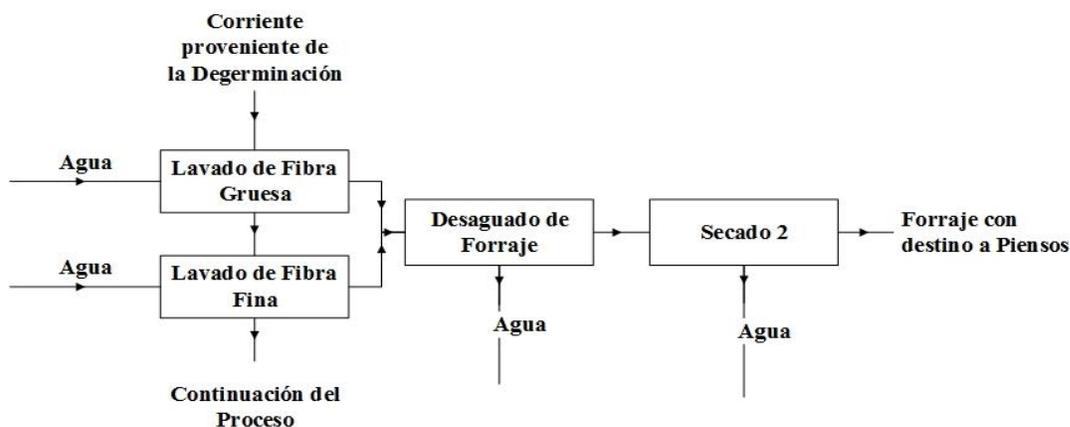


Figura 2.8. Tratamiento y destino actual del forraje. **Fuente.** (Elaboración propia)

2.3.4-Descripción del tratamiento del Gluten.

En la etapa del proceso de Separación y lavado de Almidón que en la cual intervienen seis centrifugas de estas se encuentran activas solamente tres (Separador Primario, Primer Refino y Tercer Refino) las demás por deterioro tecnológico se han tenido que sacar de circulación y modificar el flujo buscando alternativas para no paralizar la Industria. Entre estas Centrifugas se encuentra el Concentrador de Gluten que es la encargada de separar el gluten del Almidón para luego enviarlo hacia un Tanque de almacenamiento y posteriormente ser secado. Hoy este proceso no se ejecuta, en primer lugar porque desde hace varios años el Secador de Gluten salió de circulación como habíamos mencionado anteriormente y luego el Concentrador de Gluten. Esta modificación ocasionó como ventaja la continuidad de los procesos sin necesidad de paralizar la Fábrica, pero también trajo consigo la pérdida de una enorme cantidad agua que no es reincorporada al proceso.

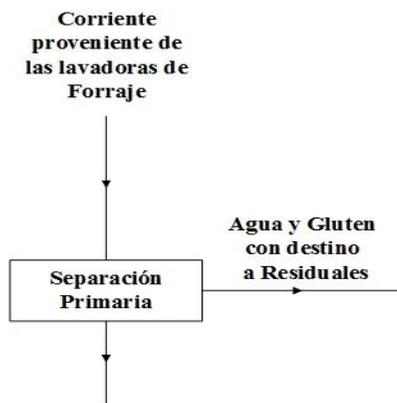


Figura 2.9. Tratamiento y destino actual del Gluten. **Fuente.**(Elaboración propia)

Capítulo III: Integración de alternativas de manejo de las Corrientes Secundarias en la Planta de Almidón de GydeMa.

3.1- Definición de necesidades y oportunidades de modificación de la Planta en función del manejo de subproductos.

La Empresa actualmente destina gran parte de los subproductos del proceso de Almidón a Piensos (Germen y Forraje) y la otra pasa directamente a la Planta de Residuales los cuales constituyen componentes fundamentales de los Lodos (licor de Remojo y Gluten). Ambos son aprovechados por la Empresa, siendo vendidos por separados. Además de estos usos se hace necesario la posibilidad de encontrar nuevos destinos con el fin de enriquecer la variedad de productos que pudiera procesar la Planta y además para incrementar nuevas formas de ingresos, es importante destacar que solo se incrementarían los usos, sin necesidad de eliminar los que existen actualmente.

A continuación se propone un análisis independiente por cada co-producto que muestre los fines que se le pudieran incrementar, cabe señalar que sería un análisis real y factible para la Entidad.

Se desarrollaron unos diagramas de ruta y destino de los diferentes subproductos obtenidos en el proceso de almidón, tomando como referencia los antes confeccionados que ilustran las condiciones y destinos actuales de cada co-producto. Las líneas que aparecen señaladas en rojo representan las propuestas planteadas para lograr el máximo aprovechamiento de estos.

3.2- Análisis de alternativas para las Corrientes Secundarias.

3.2.1-Análisis de alternativas para el Licor de Remojo.

Se propone recuperar esta línea para enriquecer el forraje en el segundo secador. Se puede aprovechar además mediante su venta independiente ya que es rico en nutrientes químicos que pudieran ser utilizados como materia prima en la producción de otros productos como por ejemplo en la industria farmacéutica para la producción de Penicilina.

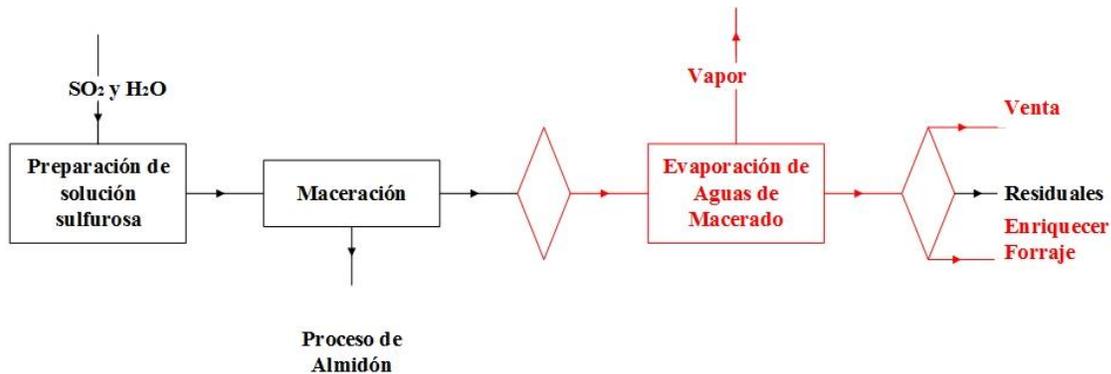


Figura 3.1. Propuesta de manejo del Licor de Remojo. **Fuente.**(Elaboración propia)

3.2.1-Análisis de alternativas para el Germen.

La Planta pudiera aprovecharlo de forma independiente y venderlo a otras Entidades que los utilicen como materia prima para sus producciones. Se podría crear una pequeña sección dentro de la planta que lo procesara para la obtención de aceites.

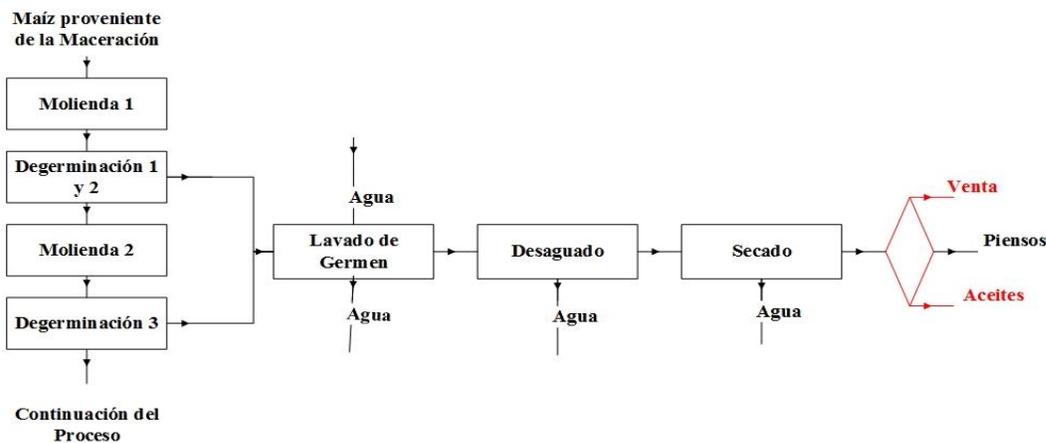


Figura 3.2. Propuesta de manejo del Germen. **Fuente.** (Elaboración propia)

3.2.3-Análisis de alternativas para las Fibras.

Para este co-producto no se propuso ningún destino adicional, puesto que este es usado para la producción de Piensos y la Empresa cuenta con una sección dedicada a este fin, por lo cual no se hace necesario su venta a otra Entidad que tenga el mismo fin.

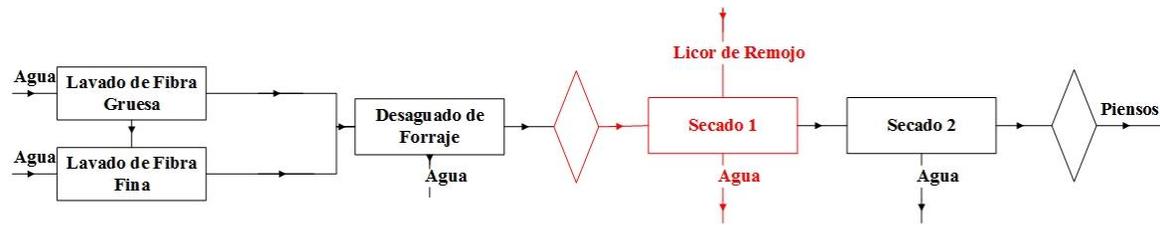


Figura 3.3. Propuesta de manejo del Forraje. **Fuente.**(Elaboración propia)

3.2.4-Análisis de alternativas para el Gluten.

Se conoce que esta sección de la Planta es la que en peor estado tecnológico se encuentra, por lo que se propone su inmediata recuperación. Para esto se deben poner en funcionamiento varios equipos que están inactivos a causa del deterioro de ellos, seguido a ello se hace necesario la disposición de un gran presupuesto. Luego de esto se propone la venta del gluten a otras Entidades como materia prima o puede ser aprovechado en la Empresa propiamente para la producción de diferentes variedades de pienso animal.

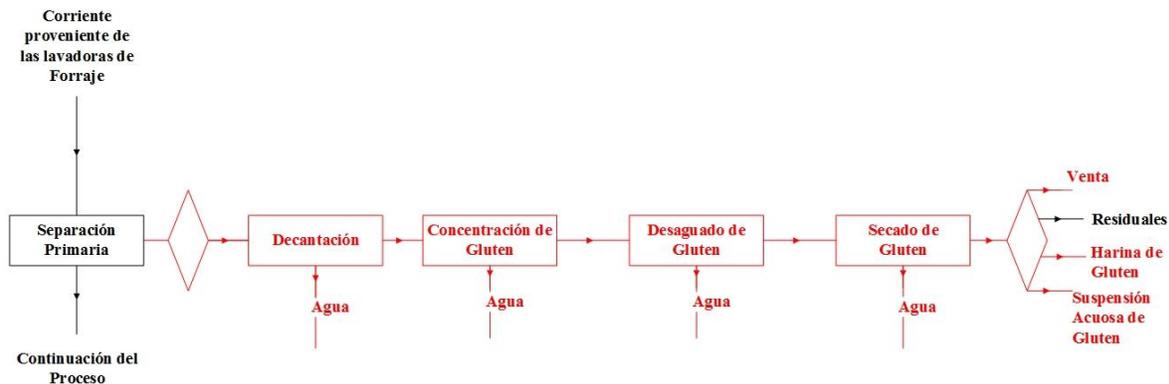


Figura 3.4. Propuesta de manejo del Gluten. **Fuente.**(Elaboración propia)

3.3- Diseño de un esquema integrado de manejo de las corrientes secundarias.

Se realizó una integración de los diagramas antes realizados para obtener finalmente un esquema integrado del manejo de las corrientes secundarias del proceso de almidón.

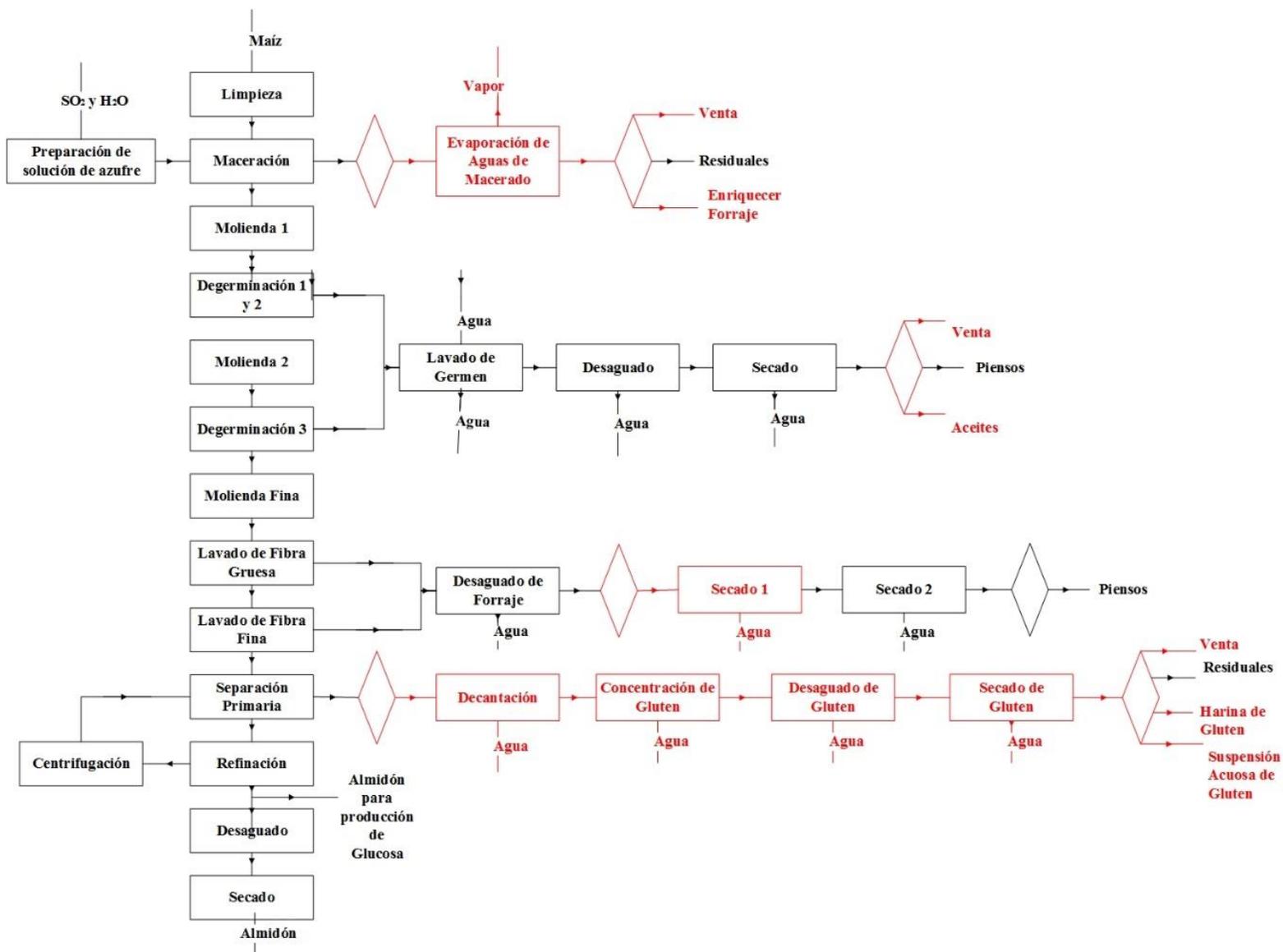


Figura 3.5. Diagrama de manejo integrado de las corrientes secundarias en el proceso de obtención de almidón de maíz. **Fuente.**(Elaboración propia)

3.4- Elaboración de diagramas de ruta para el destino de los subproductos obtenidos en el proceso

En este epígrafe nos referiremos a las diferentes rutas que pueden tener algunos subproductos para el destino final de estos. Constituye de mayor interés de estudio el gluten, puesto que es este co-producto el que menos se está aprovechando en la empresa.

Como primer destino que pudiera tener el gluten sería con la implementación de los equipos necesarios incluidos en el como equipo fundamental el concentrador de gluten, concentrarlo y posteriormente secarlo, con el fin de obtener harina.

Pudiera además luego de concentrarse este gluten, dejarlo como una suspensión acuosa para luego ser destinado a la venta o para el propio aprovechamiento de la entidad.

Podrían incluso realizarse combinaciones para lograr un enriquecimiento de este gluten, por ejemplo pudiera combinarse el gluten concentrado con licor de remojo y/o combinar el licor de remojo con harina de gluten .

Se determinó que la solución más inmediata, teniendo en cuenta que para realizar las operaciones anteriores se necesita de un presupuesto con el que actualmete no se dispone, es poner a disposición de esta línea de tratamiento una batería de tres tanques para recepcionar la suspensión acuosa de gluten generada en el proceso, con el fin de mantenerlo en reposo por un determinado tiempo de reposo y lograr su separación por diferencia de densidad, conociendo que el agua y el gluten tienen diferencias. Es importante conocer estos tanques deben estar provistos de agitación, puesto que si llegara a ocurrir cualquier paro en el proceso se necesitará que la suspensión este en movimiento para evitar que se solidifique, dado que la suspensión puede arrastrar algún contenido de almidón y propicia la formación de sólidos. Luego de esto podría separarse una cantidad considerable de proteínas y así lograr la disminución de la carga organica vertida hacia la bahía.

Esta solución trae mejoras para la Empresa al hacer posible la recuperación de este co-producto del proceso. Permite un ahorro significativo al país, dado que no se necesitarían grandes recursos monetarios para poner en práctica esta alternativa. Se beneficiaría la empresa al vender este gluten y obtener una fuente de ingreso. Contribuye además a reducir el impacto ambiental que tienen los desechos del proceso.

Capítulo IV: Valoraciones técnico económicas y ambientales de alternativas de manejo de las corrientes secundarias.

4.1-Valoraciones técnicas sobre las alternativas de manejo.

En la actualidad el Licor de Remojo agotado no es tratado y se conduce directamente a la Planta de Residuales. Allí sus nutrientes se aprovechan relativamente a partir de su presencia en el Lodo resultante de la etapa de sedimentación, que una vez se extrae se comercializa.

Sin embargo, la concepción original y la práctica mundial es incorporarlo a la Fibra para enriquecer con nutrientes al Forraje como otro modo de recuperación más efectivo. Pero ello significa la necesidad de concentrarlo y la unidad de evaporación está actualmente destinada a la elaboración del Extracto de Vimang. Esta producción no es constante, se realiza por campañas, por lo que cuando el Vimang no se produce queda habilitada para cumplir con su función original. En este caso la incorporación del Licor a la Fibra sería intermitente. Además, entre cambio de operación del Vimang al Licor agotado debe instrumentarse una operación de limpieza para remover los restos de yodo que la producción a partir de la corteza del mango genera, y que no solo alteraría la composición inicial del Licor, sino que además le impregna un olor y sabor intenso que pudiera constituir un rechazo en el animal que consume el Forraje o Pienso.

Reactivar la línea de recuperación del Licor de Remojo también equivale a reactivar el Secado (1) en la línea de la Fibra, que actualmente no se realiza por la rotura del Secadero Rotatorio que lo ejecuta. Esto requiere de inversión.

La variante de aprovechar el Licor para obtener de él productos de interés implica desarrollar un programa de investigación y desarrollo, que requiere de infraestructura adecuada en la Empresa o encargarlo a otras entidades, pues esta condición nunca se ha experimentado en GydeMa.

Para la línea del Germen las posibilidades continúan siendo las que actualmente existen; venderlo seco como harina, o incorporarlo a la unidad de producción del Pienso Sólido. Sin embargo, se recomienda incorporar la variante de procesarlo para extraer el Aceite de Maíz, y en tal condición, la torta resultante entonces incorporarla a la formulación del Pienso

Sólido. En este caso sería recomendable no utilizar procedimientos químicos, es decir, solo separar el aceite mediante prensado, a fin de mantener en las mejores condiciones la torta resultante para sostener su aptitud para la alimentación animal.

La línea de Fibras debe mantenerse como en la actualidad, destinada a elaborar un Forraje, ahora quizás enriquecido con el Licor de Remojo nuevamente aún de modo intermitentemente (por la producción de Vimang), o utilizarla en la unidad de producción de Pienso Sólido.

Finalmente la Línea de Gluten, la más afectada tecnológicamente tiene como primera variante mantenerse en la condición actual, conectada con la Planta de Residuales para su parcial aprovechamiento en el Lodo de la etapa de sedimentación que se comercializa como Pienso Líquido. Pero en esta variante se señalan las siguientes insuficiencias:

1. No se aprovecha todo el gluten separado de la Línea Principal del proceso, pues parte se pierde en el claro de la etapa de sedimentación en la Planta de Residuales.
2. Se pierde gran cantidad de agua en esta línea, que va a parar a la Planta de Residuales incrementando el caudal de entrada a esta última y el caudal de vertimiento a la Bahía. En otras palabras, eleva la capacidad necesaria de la Planta de Residuales. En la actualidad, ante la depresión en la producción de Glucosa este efecto no se percibe, pero si se intensifica este y otros posibles procesos en un futuro entonces sí pudiera ser un problema mayor.
3. Por consiguiente se deja de recircular agua al propio proceso de producción de Almidón, que de por sí es altamente demandante de agua, incrementando notoriamente el consumo de agua inicial.

Por esta razón debe implementarse las alternativas que implican separar directamente el Gluten, ya sea como un concentrado líquido o como harina. En ambos casos las posibilidades de aprovechamiento de este co-producto se incrementan significativamente y la recuperación del agua comienza a gestionarse. Esto implica realizar inversiones para reponer equipos actualmente fuera de operación. Una vez que se separe el Gluten, este puede comercializarse separado o puede incorporarse a la unidad de producción de Pienso Sólido.

Es preciso aclarar que cualquier variante de interrumpir el acceso del Gluten a la Planta de Residuales, devalúa significativamente el valor nutricional del Pienso Líquido, pues el Lodo del Sedimentador solo tendría el aporte del Licor de Remojo. Esto entonces conlleva tener que anular el envío del Licor de Remojo a la Planta de Residuales si realmente se quiere aprovechar acá algo de él.

Finalmente, y en el orden energéticos, hay un grupo de alternativas que incrementan la demanda de vapor por la incorporación de procesos de calentamiento, que exigirían una mayor disponibilidad de este servicio y probablemente la necesidad de disponer de nuevas unidades de generación.

4.2-Valoraciones económicas sobre las alternativas de manejo.

Se parte de que toda opción que garantice que las líneas secundarias logren salidas de la Planta en condiciones de comercialización, estarían aportando valor agregado a la producción y venta del Almidón. Sin embargo, las alternativas estarán sujetas a las condiciones del mercado. Es por ello que la mayoría de ellas no se pueden jerarquizar de forma absoluta. La multiplicación de las aplicaciones para los co-productos, la identificación de clientes y el comportamiento de los precios de venta, serán criterios que determinarían como proceder en determinado momento y esto es lo que significa el término manejo de las corrientes secundarias.

En el epígrafe anterior se analizaron las posibilidades desde el punto de vista técnico y en los propios análisis quedó implícito efectos económicos. Todas las variantes deben ser balanceadas, pues los ingresos que pueden ofrecer algunas alternativas tienen que contrastarse con los gastos que su implementación incorporan. Los gastos no se limitan a los costos de operación, sino que incluyen los gastos por reposición de equipos o el montaje de instalaciones nuevas.

Sin embargo, dentro del alcance de este estudio se pueden ofrecer algunos criterios que pueden orientar políticas de inversión, operación de los procesos y mercadeo relacionadas con esta área de la Planta de Almidón.

Iro. Las variantes que utilizan los productos secundarios en función de la elaboración de Pienso Sólido en la unidad productiva de la Empresa deben ofrecer beneficios económicos

sobre las que los comercializan por separado, porque el Pienso tiene un valor agregado relativo importante independientemente a otros ingredientes que precisa incorporar.

2do. Algunos co-productos aislados pudieran ser más competentes económicamente desarrollando investigaciones que le incrementen su valor de uso, entiéndase para alimentos especializados.

3ro. La variante actual de enviar la corriente de Licor de Remojo y de Gluten a la Planta de Residuales es un paleativo en las condiciones actuales, pero es inconsistente económicamente ante el valor del Gluten separado ya sea como harina o como suspensión de activarse la línea original para el componente proteico del maíz.

4to. La reanimación de la línea de Gluten anula totalmente el aporte económico del Licor de Remojo de continuar enviándolo a la Planta de Residuales, pues desaparece la posibilidad de venta del Lodo, por lo que deben instrumentarse las otras variantes para este subproducto.

5to. La reanimación de la línea de Gluten disminuye los consumos de agua fresca en el proceso, al activar la recirculación de estas, reduciendo gastos por concepto de agua tratada.

Algunas alternativas implican inversión de capital y por tanto dependen de fuentes de financiamiento. Estos son a primera vista:

- > Reanimación de la recuperación del Licor de Remojo (Reposición del Secadero 1 dañado)
- > Reanimación de la recuperación de Gluten.
- > Incorporación de una Unidad de Extracción de Aceite (Para la obtención del aceite de maíz).

Algunas alternativas implican incrementos en los consumos de portadores energéticos, lo cual puede implicarse con la disponibilidad de combustible por parte de la empresa y el costo de este. Tal es la ya mencionada línea del Licor de Remojo, que gasta calor en la concentración y luego en la activación del secado 1 de la línea de Fibras. Así también ocurriría en la línea de Gluten durante el secado de este para obtenerlo como Harina. Por eso entra la variante de comercializarlo en suspensión mientras un cliente lo pueda asumir

en esta condición. Finalmente, de implementarse la obtención de Aceite de Maíz, en este proceso también se imponen algunas exigencias de calor que tendrían que ser incorporadas al balance total.

Un balance total de los requerimientos de calor por la incorporación de las variantes que lo incrementan puede implicar inversiones en el Sistema de Generación de Vapor que exigirían fuentes de financiamiento.

Por otro lado, algunas reservas potenciales de ingreso pueden localizarse en:

- Aprovechamiento del Licor de Remojo para el aislamiento u obtención de nuevos productos.
- Aprovechamiento del Aceite de Maíz para elaborar otros productos con valor agregado.

4.3-Valoraciones ambientales sobre las alternativas de manejo.

Las alternativas consideradas también impactan en lo ambiental. Cualquier corriente con subproductos que llegue a la Planta de Residuales incrementa la carga de entrada, tanto en la magnitud de los flujos incorporados, como en la composición de componentes biodegradables.

Las alternativas actuales de conducir la línea de Licor de Remojo y de Gluten a la Planta de Residuales incrementan las necesidades de capacidad de procesamiento de esta última. A pesar de que buena parte de los nutrientes aportados por ambas corrientes se separa en los Lodos del sedimentador, en el claro escapan cantidades de nutrientes que de no llegar dichas corrientes estarían en mucha menor concentración, reduciéndose las emisiones de estos en las aguas que se vierten hacia la Bahía.

En el caso de recuperar la línea de Gluten y mantener hacia la Planta de Residuales la línea de Licor de Remojo, el flujo de entrada se reduce pero se sostiene la carga contaminante que esta corriente incorpora. Quizás en estas condiciones se justifique más la incorporación de una unidad de producción de Biogás como parte del sistema de tratamiento de residuales en la empresa GydeMa.

4.4-Integración de las valoraciones.

Como se ha puesto de manifiesto, las diferentes alternativas consideradas tienen impacto en lo técnico, lo tecnológico, lo económico y lo ambiental. Esto implica que los estudios desarrollados solo son el principio de un gran problema de optimización del cual no puede esperarse una combinación absoluta de alternativas, sino un sistema de alternativas que pueden orientarse a favor unas de otras en virtud de condiciones concretas que se presenten.

Cualquiera de las variantes ubicadas dentro del sistema de alternativas tiene como resultado la diversificación de las producciones, incrementar el valor agregado a la producción del almidón, incrementar utilidades para la empresa y casi todas terminan teniendo un impacto social. Algunas alternativas pudieran exigir nuevos puestos de trabajo, pero en todas directa o indirectamente los co-productos intervienen en la alimentación de la población. Porque aún cuando se produzca para alimentación animal, al final del encadenamiento productivo ese animal forma parte de la alimentación de la población. Es por ello que el impacto social no puede ser ignorado en la toma de decisiones.

Los análisis desarrollados en este estudio, aún en el orden cualitativo, pueden servir de guía para una política de recuperación paulatina de la Planta de Almidón investigada.

Como un anticipo a cualquier estudio posterior, se anexa un modelo de Balances de Materiales definido para las condiciones tecnológicas actuales de las corrientes secundarias sujetas a estudio de este trabajo.

Así también procede definir dos aspectos esenciales para lograr mejorar las condiciones actuales identificadas y proceder hacia la implementación de las alternativas futuras:

- 1) Necesidad de fuentes de financiamiento para desarrollar rehabilitaciones de equipos, incorporación de nuevas instalaciones y crear facilidades de operación.
- 2) Necesidad de fomentar programas de investigación, desarrollo e innovación que aseguren los estudios tecnológicos y las definiciones técnico-ambientales que permiten explotar de la forma más racional las potencialidades que ofrece el grano de maíz durante la separación de su almidón.

Conclusiones

- 1- A través de un análisis bibliográfico se posibilitó la correcta comprensión del valor potencial del grano de maíz y su relación con el aprovechamiento de las corrientes secundarias principales del proceso de almidón, lo cual propicia la obtención de importantes co-productos en dicho sistema productivo.
- 2- Se definieron las líneas secundarias de mayor interés como la del Licor de Remojo agotado, la de Germen, la de Fibras y la de Gluten, las cuales en las condiciones originales de la fábrica daban lugar a la Harina de Germen, Harina de Gluten y Forraje como co-productos del proceso implementando en la empresa GydeMa.
- 3- Fueron identificadas las condiciones tecnológicas originales y actuales de la Planta de Almidón bajo estudio, destacándose la incorporación de una unidad de producción de Piensos Sólidos que absorbe los co-productos originales sin limitar la comercialización de estos últimos por separado.
- 4- Las condiciones de depauperación tecnológica en la Planta actual, combinado con la inserción de la producción de Extracto para Vimang, han provocado que tanto la corriente separada de Gluten, como el Licor de Remojo residual no reciben los tratamientos originales y se conducen a la Planta de Residuales del sistema productivo.
- 5- Contrastando lo planteado en la literatura consultada con relación a este estudio y las condiciones tecnológicas identificadas a lo largo del ciclo de vida de esta Planta, se propuso una estructura compleja para la manipulación de las corrientes secundarias seleccionadas que con un alto grado de flexibilidad logre recuperar la diversidad de co-productos elaborados durante la obtención del almidón.
- 6- Desde el punto de vista económico, la recuperación de las líneas secundarias afectadas y la incorporación de nuevos tratamientos implicaría el desarrollo de inversiones para lo cual se requiere de recursos financieros.
- 7- A su vez, la recuperación bajo condiciones flexibles de los co-productos genéricos del proceso del almidón y la incorporación de nuevos derivados pudiera incrementar el valor agregado neto del sistema productivo, incorporando mejoras en su economía.
- 8- La rehabilitación de las líneas afectadas tendrán un efecto positivo desde el punto de vista ambiental porque permitiría reducir los volúmenes de agua a consumir por su

recuperación y reducirían las cargas contaminante que en las condiciones actuales la Planta de Residuales ofrece.

- 9- Todas las alternativas de manejo tienen un impacto social desde el principio en que casi todas favorecen la elaboración de alimentos, donde incluso los destinados a la nutrición animal terminan empleándose estos últimos en la alimentación humana.

Recomendaciones

- 1- Complementar los estudios realizados desde el punto de vista cuantitativo, para poder establecer numéricamente el balance costo beneficio de cada una de las alternativas identificadas.
- 2- Complementar este estudio con el análisis de las condiciones técnicas y tecnológicas para la Planta de Residuales y otros servicios como la Generación de Vapor.
- 3- Trabajar una estrategia de recuperación para la Planta de Almidón que incluya las alternativas propuestas dentro de un programa inversionista para la Empresa.

Bibliografía

- Adisa. (2015). *Almidones y Desarrollos Industriales*. México: Tecnología Natural.
- Applegate, T. J., Latour, M., Ileleji, K. E., Hoffstetter, U., & Rodríguez, I. (2008). *Nuevas perspectivas en el uso de co-productos de la industria de bioetanol en la fabricación de Piensos*. Madrid, España: FEDNA.
- Association of American Feed Control Officials. (2005). *Official Publication*. Association of American Feed Control Officials.
- Balcarce. (2006). *Calidad del grano de maíz*. Argentina: E.E.A. INTA.
- Camps, D. N., & González, G. O. (2002). *El gluten feed de maíz en el engorde vacuno en feedlot*. Sitio Argentino de Producción Animal: Retrieved from <http://www.produccion-animal.com.ar>
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (2016). *Calidad del grano Vol. 3*. Mexico: Laboratorio de calidad nutricional del maíz.
- Codex Alimentarius. (2008). *Guideline 32: Guidelines for the Production, Processing, Labelling, and Marketing of Organically Produced Foods*.
- Colectivo de autores. (2018). *Aceite de germen de maíz. Propiedades*. España: SaludBio.
- Dadelos Agrícola. (2016). *Bagazo de Maíz*. Valencia, España.
- De Bernaldi, L. A. (2016). *Perfil de aceite de maíz*. Argentina: Ministerio de agroindustria. Presidencia de la Nación.
- de Troostembergh, J. C., & Oudenne, F. (1993). *Propiedad del licor remojo del maíz. Patent No. 2 037 097: España*.
- Diez Crespo, R. (2017). *Evaluación de la tecnología mecanizada para la extracción de almidón de maíz de Sagú en la Finca Integral "EL MINGO"* (Tesis de Maestría). Universidad Central "Martha Abreus", Santa Clara, Villa Clara.
- Fernández, A. (2014). *Transformación de subproductos y residuos de industria de cultivos templados, subtropicales y tropicales*. Buenos Aires, Argentina : INTA-EEA Bordenave.
- Franco, D. (2002). *Aceite de maíz*. Argentina.
- García, M. (2005). *Tecnología de Cereales*. (Tesis de Maestría). Universidad de Granada, Granada.

- García, M. B. (2012). *Evaluación de Producción Más Limpia al proceso productivo de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos en la Empresa Glucosa Cienfuegos*. (Tesis de Mestría). Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos.
- Goizueta, M. E. (2014). *Conducta, dinámica y patrones tecnológicos de la cadena del maíz-1 ed*. Buenos Aires, Argentina: Tecnología e Innovación Productiva.
- Grande Tovar, C. D., & Orozco Colonia, B. S. (2012). *Producción y procesamiento del maíz en Colombia*.
- Haller, A. D. (2007). *Determinación de las condiciones de extrusión adecuadas para elaborar harina de maíz con características similares a las de una harina nixtamalizada*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Litoral, Argentina.
- Haros, C. M. (1999). *Molienda húmeda del maíz: Optimización del proceso y desarrollo de nuevas técnicas para mejorar la calidad de sus productos*. (Tesis de Maestría) Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Informe Sectorial De Las Cadenas Agroalimentarias. (2013). *Productos Molienda Húmeda del Maíz*. Argentina: Anual 2013.
- Manich, A., & Cayuela, D. (2010). *Comportamiento y propiedades de las fibras de polilactida (PLA) durante su procesado y uso*. Cataluña, España: INTEXTER(UPC).
- Maria, J. (2012). *MAÍZ. Gluten Meal*. Córdoba, Argentina.
- Martín, E., & Estrada, A. (2012). *Tecnología de Cereales y Oleaginosas*. (Tesis de Maestría) . Centro Universitario de los Altos, Guadalajara, México.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2010). *Maíz, Cadena de valor agregado. Alternativas de transformación e industrialización*. Córdoba: PRECOP II. INTA. Retrieved from <http://www.cosechaypostcosecha.org>
- Morataya, L. F. (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 granulométricos*. (Tesis de Maestría) Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Palacios, J. A., & Peñata, J. (2012). *Aumento del rendimiento del almidón a partir del grano de maíz y la influencia del carbonato ácido sodico en las propiedades físico químicas del slurry*. (Tesis de Mestría) Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Barranquilla.
- Pliego, E. (2015, octubre 19). *El maíz: su origen, historia y expansión*. Retrieved from <http://marzo5.com>, 2018
- Ponce, N. (2015). *Apuntes de tecnología de cereales y oleaginosas*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Mexico.

- Quesada, M., & Hernández, A. (2012). *Producción de jarabe de fructuosa con enzimas inmovilizadas en un proceso continuo a partir de tiquisque* .(Tesis de Maestría). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Robutti, J. L. (2014). *Calidad y usos del Maíz*. Buenos Aires, Argentina: INTA,Pergamino.
- Serratos Hernández, J. A. (2009). *El origen y la diversidad del maíz en el continente americano*. Mexico: Greenpeace.
- Taba, S., Figueroa, J., Narváez, D., Mauricio, A., Gaytán, M., Rincón, F., . . . Véles, J. (2013). *Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos racialesde maices nativos (criollos) de México*. México: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados.
- The Technical Services Branch for the USDA National Organic Program. (2010). *Corn steep liquor*. Estados Unidos: Crop Production.
- Weigel, J. C., Loy, D., & Kilmer, L. (2015). *El uso de la harina de gluten de maíz*. Vol. 3. México.

Anexos

Balances de carga y capacidad en las líneas secundarias.

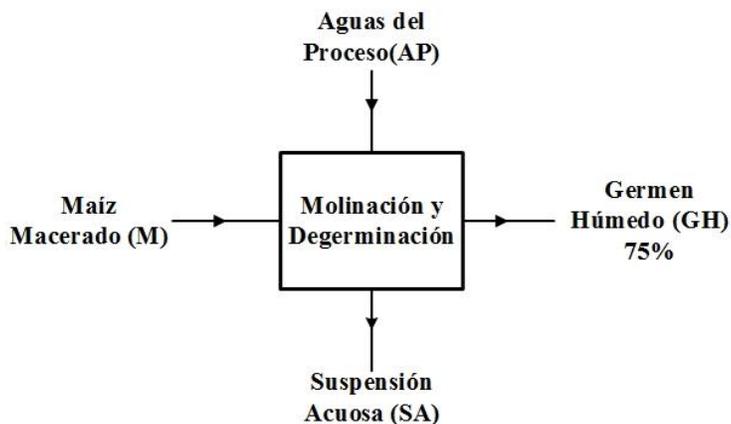
En este epígrafe se realizaron los balances de masa de las corrientes secundarias del proceso de molienda húmeda para la obtención de almidón nativo desarrollado en la Entidad. Tomamos como base de cálculo los datos de producción de un período de 24 meses en el proceso de molienda húmeda, lavado, deshidratación y secado de los subproductos. Los resultados fueron expresados en kilogramos por horas. Dichos balances se analizaron de forma independiente para lograr una mejor comprensión de los mismos.

Sección de procesamiento del germen

Se divide esta sección de la Planta en tres Etapas para lograr un análisis con más profundidad y con el fin de obtener valores más exactos, Molinación y Degerminación, Deshidratación y Secado.

Se realiza una representación mediante un diagrama de bloques de esta primera etapa para identificar las entradas y salidas que existen. Se reduce la humedad hasta un 75%.

Seguidamente se representa matemáticamente el balance de masa total, con el objetivo de calcular el germen húmedo que sale en esta sección del proceso.



Datos: (En base a un día de trabajo)

- Maíz macerado (M) = 90 000 kg/d
- Agua de proceso(AP) = 1,8 m³/h, con densidad de 1200 kg /m³(determinada en el laboratorio)(por tanto 1,8 m³/h.* 1200 kg /m³* 24 h/d = 51840 kg/d)
- Suspensión acuosa (SA) =130610 kg/d (hallada en otros estudios)
- Germen húmedo (GH) =?

Balance Total

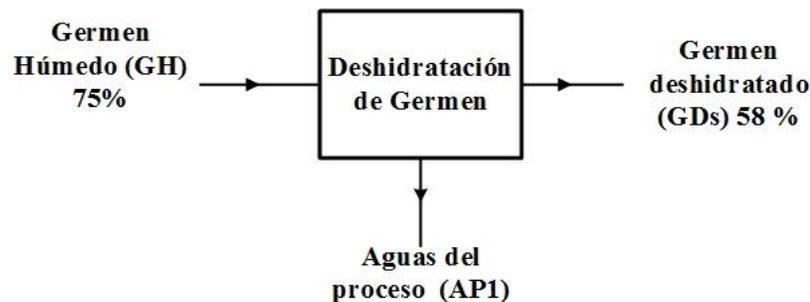
$$M+AP=GH+SA$$

Se despeja el germén húmedo de la ecuación principal y de esta forma se calcula la fracción de germén húmedo que sale.

$$GH=M+AP-SA$$

$$GH=11230 \text{ kg/d}$$

Después se plantea el diagrama de bloques de la sección de Deshidratación del Germén.



Se plantea según la información que ofrece el diagrama de bloques el balance de masa total y luego se despeja el germén deshidratado para calcular la cantidad que sale en esta etapa del proceso. En esta etapa se logra reducir la humedad de un 75% a un 58%.

Datos:

- Germen húmedo (GH) = 112 30 kg/d (hallado en la sección anterior).
- Agua de proceso (AP1)=990 kg/d (hallado en otras investigaciones).
- Germen deshidratado (GDs) =?

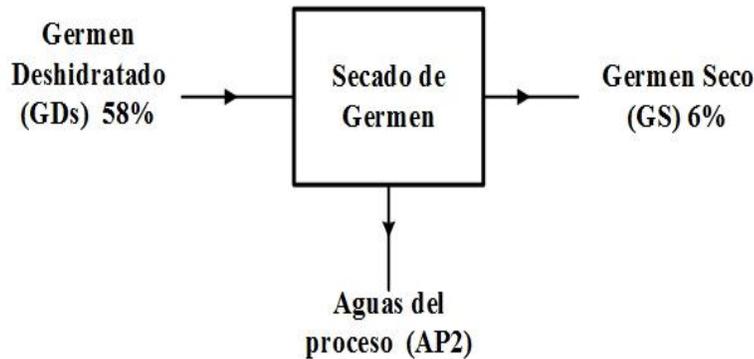
Balance Total

$$GH=GDs+AP1$$

$$GDs=GH-AP1$$

$$GDs=10240 \text{ Kg/d}$$

Después se realiza la misma operación para la última etapa de tratamiento del germen el secado que es donde se reduce la humedad desde un 58% hasta un 6%.



Datos:

- Germen deshidratado (GDs) = 10240Kg/d (hallado en la sección anterior).
- Aguas del proceso (AP2) =9180.69 Kg/d (hallado en otras investigaciones).
- Germen seco (GS) =?

Se realizan los planteamientos de los balances totales de masa y se despeja el Germen Seco para calcular la cantidad final que se obtiene en este subproceso.

Balance Total

$$GDs=GS+AP2$$

$$GS=GDs-AP2$$

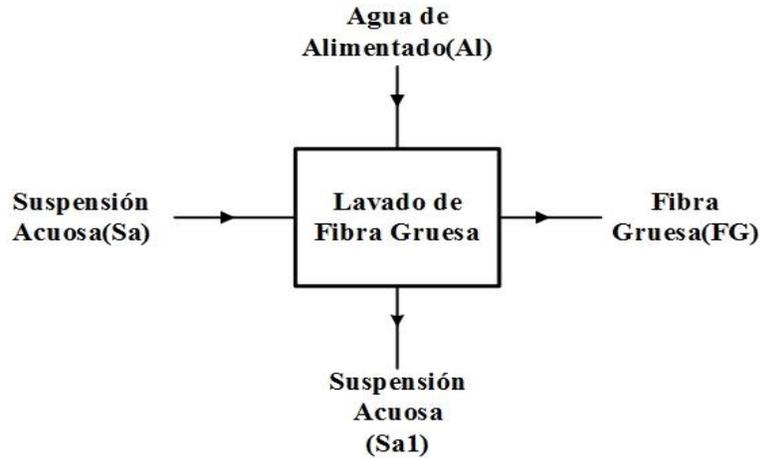
$$GS=1059.31 \text{ Kg/d}$$

Procesamiento del Forraje(Fibra Fina y Fibra Gruesa)

Esta etapa se divide en cuatro secciones para lograr mejores resultados en el desarrollo de los cálculos, Lavado de Fibra Fina, Lavado de Fibra Gruesa, Deshidratación de Forraje y Secado de Forraje.

Lavado de Fibra Gruesa

Se representa mediante un diagrama de bloques esta primera etapa para identificar las entradas y salidas de esta sección.



Datos:

- Suspensión acuosa (Sa)= 130610 kg/d
- Agua de Alimentado(AI)= 0,18 m³/h, con densidad de 1150 kg/m³ (determinada en el laboratorio)(por tanto 0,18 m³/h.* 1150 kg /m³ * 24 h/d = 4968 kg/d)
- Suspensión acuosa (Sa1)= 120026 kg/d (hallado en otras investigaciones).
- Fibra gruesa húmeda (FG) =?

Luego se realiza la representación matemática del balance de masa total para conocer la cantidad de fibra gruesa que es lavada en esta sección y pasa a la siguiente.

Balance Total

$$Sa+AI=FG+Sa1$$

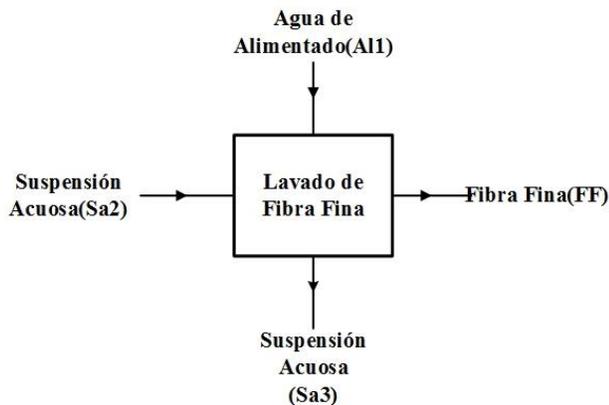
Se despeja la Fibra gruesa de la ecuación y de esta forma puede ser calculada.

$$FG=Sa+AI-Sa1$$

$$FG=15552 \text{ kg/d}$$

Lavado de Fibra Fina

Se realiza el diagrama de bloques que ofrece la información necesaria para conocer las entradas y salidas al proceso.



Datos

- Suspensión acuosa (D1)= 120026 kg/d
- Agua de alimentado (A11) = 3 m³/h, con densidad de 1180 kg/m³ (determinada en el laboratorio) (por tanto 3 m³/h.* 1180 kg /m³ * 24 h/d = 84960 kg/d)
- Suspension acuosa (Sa3)= 5481 Kg/h (hallado en otras investigaciones).
- Fibras finas (FF) =?

Posteriormente se hace la representación matemática mediante un balance de masa total para conocer la fibra fina que sale en el lavado.

Balance Total

$$Sa2+A11=FF+Sa3$$

Luego se hace el despeje de la Fibra Fina.

$$FF=Sa2+A11-Sa3$$

$$FF=73440 \text{ kg/d}$$

Deshidratación de Forraje

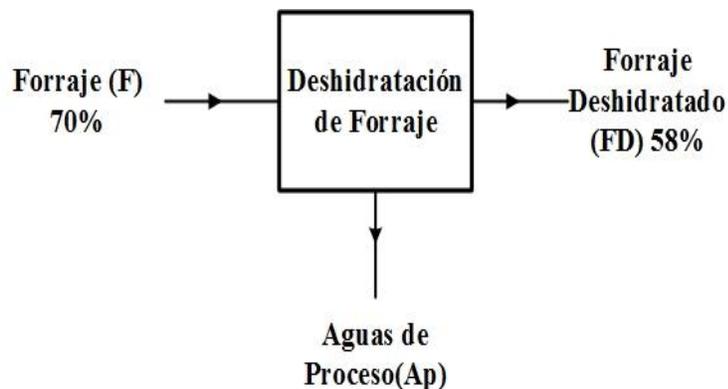
En esta etapa del proceso se plantea el diagrama de bloques, conociendo de esta forma las entradas y las salidas a la sección. Hay que destacar que el forraje esta formado por la Fibra Gruesa y la Fibra Fina,es por ello que antes se suman las obtenidas en las dos operaciones anteriores.En esta sección se logra una reducción de la humedad desde un 70% a un 58%.

$$F=FG+FF$$

$$F=15552 \text{ kg/d} +73440 \text{ kg/d}$$

$$F=88992 \text{ Kg/d}$$

El diagrama de bloques queda de la siguiente forma.



Datos:

- Forraje(F)= 88992 kg/d (peso de la fibra fina más las fibras gruesas).
- Aguas de proceso (Ap)= 24472, 8 Kg/d (hallado en otras investigaciones).
- Forraje deshidratado (FD) =?

Esta información facilitó representar el balance total de masa para calcular el Forraje Deshidratado.

Balance Total

$$F=FD+Ap$$

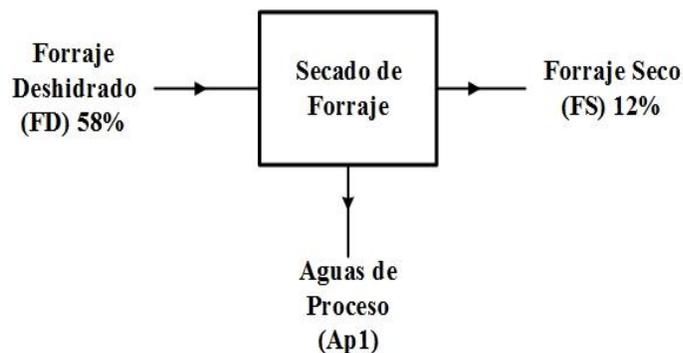
Se despeja el Forraje deshidratado.

$$FD=F-Ap$$

$$FD=64519, 2 \text{ kg/d}$$

Secado de Forraje

Se realiza el diagrama de bloques de esta operación, el forraje finalmente contiene un 12% de humedad.



Datos:

- Forraje deshidratado (FD) 1= 64519, 2 kg/d (calculado anteriormente).
- Aguas de proceso (Ap1)= 51170, 4 Kg/d (hallado en otras investigaciones).
- Forraje seco (FS) =?

Se hace la representación matemática mediante un balance de masa total.

Balance Total

$$FD=FS+Ap1$$

Se realiza el despeje del Forraje Seco para hallar su valor.

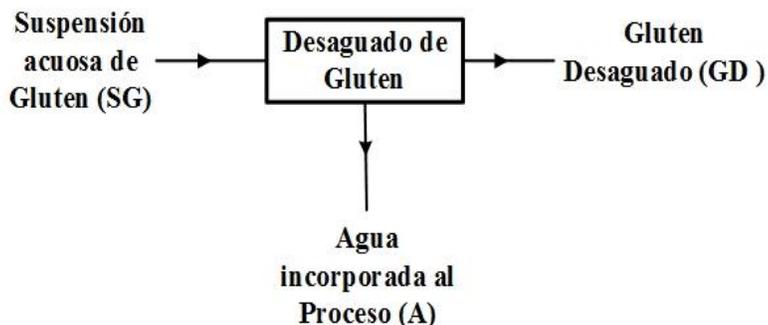
$$FS=FD-Ap1$$

$$FS=13348, 8 \text{ Kg/d}$$

Procesamiento del Gluten.

En esta sección de la planta se realizan dos balances, analizando el Desaguado de Gluten y la Concentración de este si se llegara a implementar el concentrador de gluten.

Se realizan los diagramas de bloques para conocer las entradas y las salidas que existen.



Datos:

- Suspensión acuosa de gluten(SG)=5184 Kg/d(determinado en el proceso)
- Agua incorporada al proceso(A)= 4320 Kg/d(deterinado en trabajos anteriores)
- Gluten desaguado (GD) =?

Se hace la representación matemática del balance de masa total.

Balance Total

$$SG=GD+A$$

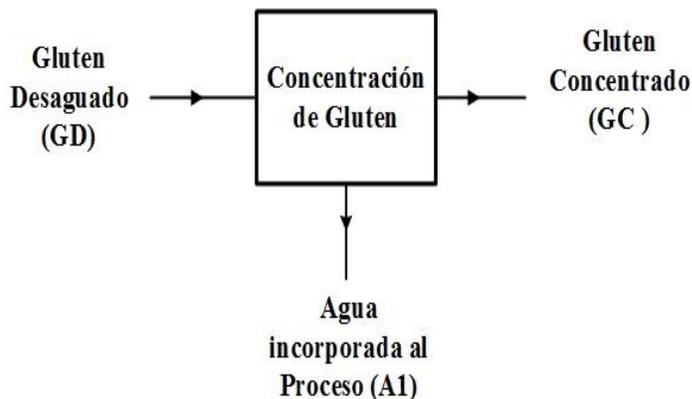
Luego se despeja el Gluten deshidratdo.

$$GD=SG-A$$

$$GD=846 \text{ Kg/d}$$

Concentración de Gluten.

Este cálculo es en base a la recuperación del concentrador de gluten. Se realiza el diagrama de bloques.



Datos:

- Gluten desaguado(GD) =846 Kg/d(hallado anteriormente).
- Agua incorporada al proceso(AI)=288Kg/d (hallado en otras investigaciones).
- Gluten concentrado (GC) =?

Luego se realiza el balance de masa total, con el fin de calcular el Gluten Concentrado.

Balance Total

$$\mathbf{GD=GC+AI}$$

Se despeja el gluten concentrado para conocer su valor.

$$\mathbf{GC=GD-AI}$$

$$\mathbf{GC=576Kg/d}$$

