

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA



**ELABORACION DE GOMA MODIFICA A PARTIR DE LA
DEXTRINA DE YUCA PARA USO EN LA INDUSTRIA
CARTONERA**

TESIS DE GRADO

PREVIA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO QUIMICO

NOMBRE DEL AUTOR

DANIEL CHAVEZ BRITO

GUAYAQUIL-ECUADOR

2011 - 2012

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

ACTA DE APROBACIÓN

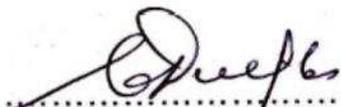
TITULO DE LA TESIS DE INVESTIGACION

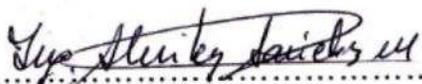
**ELABORACION DE GOMA MODIFICADA A PARTIR DE DEXTRINA
DE YUCA PARA USO EN LA INDUSTRIA CARTONERA**

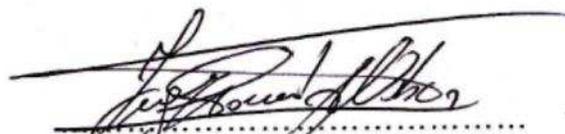
INFORME TÉCNICO PRESENTADO POR:

Daniel Chávez Brito

APROBADO EN SU ESTILO Y CONTENIDO POR:


.....
Ing. Carlos Décker Coello
DIRECTOR DEL CURSO


.....
Ing. Shirley Sánchez Medina
COORDINADORA ACADÉMICA


.....
Ing. José Rodríguez Webster
TUTOR DE LA TESIS

DEDICATORIA:

Al término de esta etapa de mi vida con la finalización de este enriquecedor tema de tesis, quiero de dedicarle este logro obtenido a mi Dios, que es por su misericordia, por su voluntad e inmenso amor que en los momentos duros, donde había que cruzar grandes obstáculos y barreras, me dio fuerzas, sabiduría y confianza para alcanzar este gran reto.

Dedico también este logro a mis padres y hermanos que por su gran esfuerzo, confianza, consejos y exhortaciones, me levantaron y me dieron ánimo en los momentos difíciles de mi vida, si no fuera también por ellos no hubiera llegado hasta este momento importante de mi vida.

A mi esposa Sheyla que por circunstancia de la vida no pudo concluir la carrera, quiero decirle por medio de esta dedicatoria que este triunfo es de los dos, le agradezco a Dios por ponerte en mi vida, gracias por tu gran ayuda y comprensión.

Por último quiero terminar mencionando una palabra que se encuentra en la Biblia que dice:

“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas”.

Josué 1:9

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo a Cartopel S.A, por la oportunidad que me dio de trabajar en su gran empresa, gracias por brindarme su servicio mediante la facilitación de información necesaria para la realización y finalización de la tesis.

Agradezco también a una gran persona y mentor como lo es el Ingeniero Jorge Romero, gracias por su paciencia, por sus palabras de ánimo, consejo y su incondicional ayuda.

No puede dejar de mencionar mis palabras de agradecimiento a cada una de las personas que hicieron posible en hacer realidad este gran sueño como lo es cada una de la gente que hace producción en Cartopel S.A, entre esa gran y valiosa gente esta: Ing. Rodith Ascencio, Ing. Ángel Crespo, Ing. Juan Santos, Ing. Víctor Pérez, a un gran compañero como lo es Rogger, Nelson Paguay, a mi gran amigo Gredi Hidalgo y Richard Salazar y así muchas personas que me ayudaron y colaboraron de manera directa e indirectamente.

Agradezco también a cada de uno de mis profesores de la facultad que me enseñaron compartiendo sus conocimientos mediante cada una de sus experiencia vividas en el ámbito profesional-

Gracias de todo corazón a todos y que Dios los bendiga en gran manera.

INDICE

	Pag.
Introducción.....	1
1. Justificación y Objetivos.....	4
1.1 Justificación.....	4
1.1.2 Objetivos.....	4
1.2 Aspectos Generales.....	5
1.2.1 Yuca.....	5
1.2.2 Planta y Cultivo.....	5
1.2.3 Producción.....	7
1.2.4 Usos de la yuca.....	10
1.2.5 Almidón.....	12
1.2.6 Estructura molecular del almidón.....	14
1.2.7Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón.....	16
1.2.8 Usos del Almidón.....	19
1.2.9 Almidones Modificados.....	20
1.3 Dextrinas.....	21
1.3.1 Métodos de obtención de dextrina.....	22
1.3.2 Propiedades de la dextrina.....	24
1.3.3 Reacciones en el proceso de dextrinización por R.S.....	25
1.3.4 Usos de las dextrina.....	26
1.3.5 Aspectos Tecnológicos.....	28
1.3.6 Mezcla de catalizador.....	28
1.3.7 Maduración.....	29

	Pag.
1.3.8 Presecado.....	29
1.3.9 Tostación o Conversión.....	29
1.4 Enfriamiento.....	29
1.4.1 Rehumedecimiento.....	29
1.4.2 Empaque.....	30
1.4.3 Aplicaciones.....	30
2. Marco Teórico.....	33
2.1 Procesamiento de la Yuca.....	33
2.1.1 Lavado de las raíces.....	34
2.1.2 Rayado o desintegración.....	37
2.1.3 Colado o Extracción.....	39
2.1.4 Sedimentación o deshidratación.....	40
2.1.5 Secado.....	40
2.1.6 Afrecho.....	40
2.1.7 Mancha.....	40
2.1.8 Agua Residual.....	40
2.2 Almidón Modificado o dextrina de Yuca.....	41
2.3 Sosa Caustica.....	42
2.4 Bórax.....	49
2.5 Harlobond 50.....	57
2.6 Hydratite 599.....	58
2.7 Hydratite 401.....	58
2.8 Penetrante XM-5.....	59

	Pag.
2.9 Goma.....	59
2.10 Tipos de goma.....	62
2.10.1 El Proceso Steinhall.....	62
2.10.2 Gomas Minorar.....	65
2.10.3 Aplicación de Goma en el cartón.....	65
2.11 Equipos de preparación de Adhesivos.....	66
2.11.1 Principio de funcionamiento de los High Shears.....	66
2.11.1.1 Definiciones de comportamiento de los fluidos.....	66
2.11.1.2 Esfuerzo Cortante.....	66
2.11.1.3 Principio de la operación turbulencia.....	66
2.11.2 Características de los emulsificadores (High Shears).....	66
2.11.3 Mezclador Clásico de 2 tanques.....	68
2.11.4 Tipos de sistemas de preparación de adhesivos.....	70
2.11.5 Algunos problemas comunes.....	70
2.11.5.1 Incidencia de los contadores de agua.....	70
2.11.5.2 Incidencia de las balanzas.....	71
2.11.5.3 Concentración Variable de soda.....	71
2.11.5.4 Incidencia de los indicadores de temperatura.....	71
2.11.6 Problemas asociados a equipos tradicionales.....	71
2.11.7 Problemas en tanque de almacenamiento.....	74
3. Ingeniería de Proyecto	77
3.1 Diagrama del Proceso.....	77

	Pag.
3.1.1 Diagrama de bloque de Obtención de Almidón de yuca.....	77
3.1.2 Diagrama de bloque Obtención de dextrina de yuca.....	78
3.1.3 Diagrama de bloque obtención de Goma modificada.....	79
3.2 Balance de Materia.....	80
3.2.1 Obtención de Almidón de yuca Nativo.....	80
3.2.2 Balance energía para la Obtención de las dextrinas.....	83
3.2.3 Formulación de Goma Modificada para cartón.....	86
3.3 Costos de Materia Prima, Maquinaria etc.	88
3.3.1 Costos de Materia prima, equipos y maquinarias.....	88
3.3.2 Costos de materia prima y costo de producción.....	90
4. Conclusiones y Recomendaciones.....	99
Bibliografía.....	102
Anexos.....	104

Listas de Figuras

	Pag.
Figura 1. Producción mundial de raíces de yuca.....	7
Figura 2. Producción de raíces de yuca en continentes y países en desarrollo.....	8
Figura 3. Superficie sembrada de raíces de yuca en continentes y países en desarrollo.....	8
Figura 4. Rendimiento de raíces de yuca en continentes y países en desarrollo.....	9
Figura 5. Estructura del Almidón.....	14
Figura 6. Estructura molecular de la amilosa.....	15
Figura 7. Estructura de la Amilopectina.....	15
Figura 8. Forma de gránulo del almidón de maíz(A), yuca (B) y papa(C).....	17
Figura 9. Gelificación de gránulos de almidón.....	18
Figura 10. Cinética de gelificación de gránulos de almidón.....	18
Figura 11. Clasificación de almidones modificados.....	22
Figura 12. Cambios de las propiedades durante la producción de dextrinas amarillas.....	25
Figura 13. Principales aplicaciones de los adhesivos de dextrina.....	27
Figura 14. Gránulos de almidón natural (o nativo) de yuca vistos en el microscopio electrónico. En los del almidón fermentado o agrio.....	33
Figura 15. Distribución esquemática de las operaciones de producción de almidón.....	34
Figura 16. Las raíces de la yucas se pelan con los pies en el lavado mediante la fricción las despoja las cascarilla o corteza externa.....	35
Figura 17. Lavadora y peladora de raíces de yuca, de cuerpo cilíndrico (tambor) y semieje, para carga lateral.....	36

	Pag.
Figura 18. Cuerpo cilíndrico y eje central (A).....	36
Figura 19. Acción continua (B).....	37
Figura 20. Rallador tradicional de raíces de yuca.....	38
Figura 21. Colado manual de la masa de yuca rallada.....	39
Figura 22. Coladora mecánica discontinua de cilindro y semieje para colar o tamizar la masa de yuca rallada.....	39
Figura 23. Hidróxido de Sodio.....	43
Figura 24. Bórax (Heptaoxotetraborato de Sodio).....	51
Figura 25. Solubilidad del Bórax en el agua.....	52
Figura 26. Características de los emulsificadores.....	67
Figura 27. Cuchillas de Corte.....	67
Figura 28. Elementos de Control.....	68
Figura 29. Mezclador Clásico.....	68
Figura 30. Comparación de agitación.....	69
Figura 31. Comparación del comportamiento del adhesivo preparado.....	69
Figura 32. Equipos utilizados en la preparación de la goma.....	69
Figura 33. Sistemas de preparación de adhesivos.....	70
Figura 34. Contador de agua electrónico.....	71
Figura 35. Falta de seguridad en transmisión del primario.....	72
Figura 36. Falta de seguridad en transmisión del secundario.....	72
Figura 37. Falta de agitación en el primario.....	72
Figura 38. Agitación en el secundario (falta de aspas-RPMs-ubicación de las aspas).....	73

	Pag.
Figura 39. Fuga en sello variación de viscosidad y de sólidos.....	73
Figura 40. Adición de agua y calor por fugas de vapor.....	74
Figura 41. Adición de agua en etapa de calentamiento.....	74
Figura 42. Tipo de filtro y Estado.....	74
Figura 43. Tipo de filtro en línea.....	75
Figura 44. Falta de agitación en tanque de almacenamiento.....	75
Figura 45. Falta de limpieza de Espuma en tanque de almacenamiento.....	75
Figura 46. Falta de limpieza Bacteriana.....	76
Figura 47. Problemas de bomba de Engranajes.....	76

Listas de Cuadros

	Pag.
Cuadro 1. Superficie de Producción y Rendimiento de la Yuca.....	10
Cuadro 2. Características de la amilosa y la amilopectina.....	16
Cuadro 3. Funciones de las dextrinas en la industria.....	31
Cuadro 4. Caracterización de dextrina de yuca.....	41
Cuadro 5. Caracterización de adhesivo de dextrina para cerrado de cajas.....	42
Cuadro 6. Análisis proximal de la raíz de yuca.....	53
Cuadro 7. Calor específico de los principales componentes de los alimentos.....	53
Cuadro 8. Gasto de fabricación láminas y cajas.....	90
Cuadro 9. Mano de obra de una industria cartonera en dólares.....	94
Cuadro 10. Gastos de producción de cajas.....	95
Cuadro 11. Gastos indirectos de fabricación.....	96
Cuadro 12. Gastos directos de producción de láminas promedio a enero del 2012.....	98
Cuadro 13. Gastos directo de producción cajas promedio a enero del 2012.....	98
Cuadro 14. Gastos indirectos de fabricación promedio a enero del 2012.....	98
Cuadro 15. Promedio de Tonelada métrica.....	98
Cuadro 16. Promedio por MM ²	99

INTRODUCCION

La goma es un elemento fundamental y necesario para la constitución y la estructura de la misma del cartón ondulado. Asegura la estabilidad y la arquitectura del complejo.

Actualmente se emplean goma o colas acuosas, casi exclusivamente a base de almidón, que vienen a reemplazar las antiguas gomas o colas a base de silicato de sosa

En la actualidad se está utilizando almidones modificados y sus derivados, entre ellos las dextrinas, constituyen opciones tecnológicas atractivas para el sector industrial dadas su funcionalidad, gran consumo y precio en el mercado. Las dextrinas son productos de degradación parcial del almidón, generados por medio de temperatura y/o catalizadores, en un mecanismo de conversión que involucra procesos de ruptura hidrolítica, reorganización de moléculas y repolimerización. La producción de dextrinas de yuca por vía seca, llamadas pirodextrinas, utilizando secado con aire a través de un lecho de pellets es una tecnología que agrega valor al método tradicional de extracción de almidón de yuca empleado por pequeños agricultores y procesadores en Colombia y presenta ventajas frente a las tecnologías actuales de producción de dextrinas en forma de polvo.

En este estudio se utilizó almidón y harina de yuca, donde se encontró que el almidón es la materia prima más adecuada para producir dextrinas de excelente calidad. Al evaluar diferentes tecnologías de dextrinización, teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas, mediante una metodología de selección se determinó que la tecnología propuesta es la más aplicable en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales a una agroindustria rural. El incremento del área superficial del producto aumenta la transferencia de calor y, en consecuencia, disminuye los tiempos de proceso. La tecnología reduce los costos de inversión y permite la producción de las dextrinas enseguida del proceso de extracción de almidón de yuca utilizado en pequeñas agroindustrias o rallanderías, eliminando una etapa de proceso (secado del almidón) del que parten las tecnologías actuales de modificación por vía seca. El producto obtenido es de fácil manejo, empaque y elimina la contaminación por polvos.

Una investigación de mercado en el sector industrial, realizada en Clayuca, permitió determinar que el principal sector de aplicación de las pirodextrinas es el de papel y cartón. La investigación incluyó los ámbitos nacional e internacional y el análisis de importaciones, exportaciones, consumo y producción de este insumo. En el estudio de campo realizado se identificaron los productos que constituyen el mercado actual y potencial de las dextrinas.

Para ello, se realizaron visitas y entrevistas en empresas representativas del sector, encontrando que la principal aplicación de las dextrinas es la fabricación de adhesivos industriales, particularmente para el cerrado de cajas corrugadas, fabricación de cores o tubos de cartón, formado de sacos multipliegos y bolsas de papel y etiquetado sobre botellas de vidrio.

Esto puede lograrse con un manejo adecuado del proceso de producción y el uso de catalizadores y condiciones de proceso permitido en este tipo de industrias, para obtener una pirodextrina con propiedades funcionales y requisitos de calidad exigibles en estos mercados. Entre los usos potenciales más destacados se encuentran como agentes de relleno y ligantes de agua en la industria de embutidos, agentes de barrera ante la absorción de grasa en productos fritos y liberación de líquidos en productos preparados. Encapsulantes de aroma y sabor en condimentos y confitería. Sustitutos de grasa, promotor de cuerpo y estabilidad en alimentos y agentes formadores de película y de cohesividad para revestimiento de cápsulas y confitería.

Mediante la implementación de la metodología QFD (Quality Function Deployment), se diseñó un producto acorde con las necesidades y expectativas del consumidor. Finalmente, se realizó un estudio de la viabilidad económica de la producción de los adhesivos a partir de pirodextrinas de yuca para las aplicaciones industriales seleccionadas.

Los adhesivos obtenidos tienen excelente pegajosidad, fuerza adhesiva y estabilidad, su película es clara y brillante, características superiores comparadas con las de los adhesivos a partir de dextrinas de maíz, su principal competidor. La validación de los resultados a nivel experimental y la determinación de los indicadores económicos del producto diseñado, permitió concluir que la producción de pellets de pirodextrinas y adhesivos constituye opciones tecnológicas que agregan valor al cultivo de la yuca y permiten aprovechar sus ventajas competitivas y comparativas frente a sus productos sustitutos.

El almidón está compuesto aproximadamente entre un 15-20 % de amilosa y el resto de amilopectina y muestra propiedades especiales que pueden ser usadas para diferentes propósitos. Algunas de estas propiedades no son apropiadas para ciertas aplicaciones específicas, pero existen métodos disponibles para modificarlas. Las principales modificaciones pueden clasificarse en físicas, químicas, enzimáticas y combinadas. Los tratamientos químicos están basados en la disponibilidad de un gran número de radicales hidroxilo en las moléculas de almidón, estos radicales pueden reaccionar en diferentes vías con diferentes reactivos. Existe una creciente demanda de los almidones modificados, los cuales son utilizados con fines específicos. Por ejemplo los almidones oxidados se utilizan en la preparación de salsas y mayonesas y en la elaboración de encolados, los almidones fosfatados son

recomendados para alimentos refrigerados, congelados y en la elaboración de gelatinas y gomas coloidales, y la dextrina que también son almidones modificados, son usados en la elaboración de pegamentos.

La dextrina tiene la misma fórmula empírica del almidón original $(C_6H_{10}O_5)_n$, donde en el almidón el valor de n es completamente largo pero en las dextrinas decrece progresivamente con la degradación del almidón. La dextrina es considerada químicamente un polímero intermedio entre el almidón y la dextrosa, se presenta como un sólido amorfo color crema hasta marrón, soluble en agua fría e insoluble en alcohol.

El origen del almidón es muy importante para la manufactura de dextrinas, ya que de esto depende su calidad y sus propiedades. El almidón de yuca ha sido reconocido como la materia prima más adecuada para la producción de dextrinas de alta calidad (Prime Quality Dextrins). El proceso de producción de dextrinas es esencialmente el mismo para todos los almidones, pero la facilidad de conversión cambia con el tipo de almidón y su calidad. Almidones de cualquier variedad de yuca pueden ser utilizados para la producción de dextrinas, sin embargo la conversión se favorece para variedades de alto contenido de amilopectina debido al alto número de cadenas ramificada.

La ingeniería Química y otras ingenierías como la industrial tienen oportunidad de participación, gracias a formación y posibilidad de identificar nuevos mercados y desarrollar nuevos productos, que permitan promover la incorporación de modelos de gestión e innovación que aseguren una ventaja competitiva del sector yuquero.

Recientes estudios han demostrado que los almidones modificados son una de las opciones tecnológicas más atractivas dado su valor agregado y los altos volúmenes de consumo en varios sectores de la industria. Dentro de estos las dextrinas ocupan un lugar importante. A pesar de que el almidón de yuca ha sido reconocido como la materia prima adecuada para la producción de dextrinas de alta calidad, las fuentes que predominan en el mundo son maíz y papa. Las dextrinas de yuca presentan soluciones de excelente claridad y estabilidad, son inodoras e insaboras, forman películas claras y brillantes con una pegajosidad y adhesividad superior; propiedades no destacables en las dextrinas de maíz, unido a que el almidón de yuca es más fácil de modificar que el de maíz. Las barreras de entrada impuestas por la Unión Europea y Estados Unidos a las importaciones de yuca han frenado su comercio, favoreciendo al maíz y la papa en la obtención de almidón y almidones modificados.

1. Justificación y Objetivos.

1.1 Justificación

- Por medio de este estudio permitirá tener las bases para el establecimiento de una nueva actividad agroindustrial basada en un cultivo local; contribuyendo al desarrollo de capacidades locales, incentivando y fortaleciendo la agroindustria al generar oportunidades de empleo e ingresos al sector rural.
- A través de esta investigación se podría incentivar la producción de yuca y por ende facilitar la obtención de un precio estable, ya que actualmente está sujeto a muchas fluctuaciones debido a que no se presenta una demanda continua, además el maíz como producto sustituto es un fuerte competidor debido a que es importado a un precio relativamente bajo, dado que es subsidiado y producido en los países exportadores a precios competitivos con el uso de tecnologías avanzadas como la modificación genética.
- Con base en los estudios realizados se demostró la viabilidad técnica de la producción de dextrinas, el presente estudio permitirá definir la viabilidad comercial e identificar los mercados en los cuales este producto tiene potencial.
- A partir del diseño de productos de dextrinas de yuca se aprovechan las ventajas comparativas que posee el almidón de yuca, frente a otras fuentes de almidón como maíz y papa, para la producción de dextrinas, como son facilidad de conversión en tiempos y temperaturas de proceso y la obtención de un producto de calidad *prime*. Las dextrinas de yuca poseen mayores ventajas frente a las dextrinas de maíz; tales como excelente claridad, estabilidad y formación de películas de mayor adhesividad y pegajosidad. Adicionalmente, las dextrinas de yuca son inodoras e insaboras a diferencia de las dextrinas de maíz cuyo olor y sabor es característico.
- Los productos obtenidos de fuentes orgánicas, se acogen a la nueva tendencia hacia aspectos como la biodegradabilidad y sostenibilidad ambiental de los productos.

1.1.2 Objetivos

- **Objetivo General** Estudiar las aplicaciones industriales y diseñar un producto a partir de dextrinas de yuca obtenidas por vía seca.
- **Objetivos Específicos**
 - Identificar los usos de las dextrinas de yuca en el Ecuador.
 - Seleccionar los usos de las dextrinas de yuca más viables con el fin de diseñar un producto.
 - Diseñar un producto a partir de la dextrina de yuca para la aplicación en la industria del Cartón Corrugado con el fin de tener otro sustituto en la materia prima del común almidón a partir del maíz que es la más utilizada en la mayoría de las industrias cartoneras.

1.2 ASPECTOS GENERALES

La yuca es uno de los cultivos más difundidos en el mundo aunque su comercialización a nivel mundial es reducida. Es básicamente un producto vegetal de autoconsumo en los países productores, casi en su totalidad en países del tercer mundo, se ha convertido en la base de la dieta de amplias poblaciones de África central y de países en desarrollo, debido a las facilidades de producción y procesamiento (Cartay, 2004).

Uno de los más importantes productos obtenidos a partir de la yuca es el almidón, que se obtiene procesando las raíces en etapas básicas de lavado, rallado, extracción del almidón y separación del agua. El almidón tiene diversas aplicaciones en la industria dependiendo del tipo de tratamiento al que se somete; dentro de la gama de productos que se pueden obtener a partir del almidón se encuentran los almidones modificados y las dextrinas entre otros. En este capítulo se presentan los aspectos relacionados con la yuca, el almidón y las dextrinas, sus propiedades y aplicaciones.

1.2.1 YUCA

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una especie de amiláceas que se cultiva en los trópicos y subtropicos. El origen de la yuca y el sitio donde tuvo lugar su domesticación aun no ha sido establecido definitivamente. A pesar de que se ha sugerido que la yuca se habría originado en lugares tan diversos como África, Asia, islas del Pacífico, Mesoamérica y América del sur, existe un reconocimiento muy generalizado, de que este cultivo se originó en América tropical, específicamente en el nordeste del Brasil. En la cuenca amazónica es donde el género botánico al que pertenece la yuca muestra su mayor variabilidad genética. También se observa en Mesoamérica un centro secundario de diversidad genética. Numerosas evidencias apuntan a

que el área de domesticación de la yuca comprende una vasta región desde México hasta Brasil. Esta especie se habría cultivado desde hace, por lo menos, 5.000 años.

1.2.2 Planta y cultivo.

Hay actualmente más de 5.000 variedades de yuca y cada una tiene características peculiares. Sus flores (masculina y femenina) son pequeñas y la polinización cruzada es frecuente. El fruto es dehiscente y las semillas pequeñas y ovaladas. La raíz es cónica y tiene una corteza externa y otra interna (de color blanco o rosado). Los tallos maduros se cortan en estacas de 30-70 cm de longitud, con las cuales se propaga la planta.

La yuca pertenece a la familia de las *Euphorbiaceae*, es un arbusto de 2-3 m de altura, con tallo arborescente, nudoso, hueco, de color verde, de inflorescencias paniculadas y con hojas anchas y palmeadas que tienen de

3-7 lóbulos. Las raíces, la parte comestible de la planta (en algunas regiones se consumen también las hojas), irradian desde el tallo hasta la parte interna del suelo. Su número por planta difiere de acuerdo con la variedad, de las muchas existentes, o de las condiciones agroecológicas del lugar de cultivo. Por lo general, el peso de las raíces es de 3-7 kg por planta. La piel de la raíz está formada por una capa suberosa de color oscuro, el corcho, y por la corteza, que comprende el filodermo y el floema. Por debajo de la corteza se encuentra la reserva de almidones, que es la porción aprovechable de la raíz para el consumo, tanto humano como animal, y para los usos industriales. La piel representa un 15% de la raíz y tiene un espesor de aproximadamente 1,5 mm. La mayor parte, el 85% de la raíz, constituye la parte utilizable para el consumo.

La planta tiene una gran capacidad de adaptación climática. Crece tanto en las regiones áridas, secas y xerófilas, como en las selvas tropicales lluviosas, lo que ha beneficiado su difusión. Se adapta bien a las distintas condiciones de humedad, cultivándose en zonas hasta con 2.000 mm de precipitación anual, así como en zonas de escasa pluviosidad. De igual manera se comporta satisfactoriamente a distintas temperaturas, variando entre 15 y 35 °C.

La planta requiere para su cultivo de suelos predominantemente francos y de buen drenaje, perjudicándola el exceso de humedad y la acidez. La propagación se efectúa generalmente por estacas de 25-30 cm de largo y de 3 cm más o menos de diámetro. Para este fin, se utiliza sólo la parte central del tallo. La densidad de siembra recomendable es de 12.500 estacas por hectárea. La raíz de la planta se cosecha de 7-12 meses después de la siembra, dependiendo de la variedad utilizada. Puede dejarse un tiempo enterrado, sin cosechar, puesto que se conserva bien en esas condiciones, esperando para ser cultivada y comercializada. La raíz, una vez cosechada, resulta perecedera en un corto plazo. Los rendimientos del cultivo varían de acuerdo a la variedad y la tecnología utilizadas.

La raíz de yuca contiene dos glucósidos cianogénicos linamarina (glucósido ligado) y lotaustralina (glucósido libre). Cuando la linamarina se hidroliza por la acción de una enzima, la linamarasa, se produce el ácido cianhídrico también conocido como ácido prúsico que es un tóxico particularmente violento cuando presenta altos niveles de concentración, las plantas de la yuca presentan distintos grados de concentración de ese ácido por eso se pensaba que existían dos plantas de yuca completamente distintas: la yuca dulce y la yuca amarga. Ahora se ha comprobado que se trata de variedades o clones de la misma planta. El carácter dulce o amargo de una variedad de yuca, está determinado mayormente por su contenido de ácido cianhídrico, depende básicamente de las condiciones agroecológicas existentes en la zona de cultivo. Es decir, una yuca dulce puede ser dulce en una región y amarga en otra dependiendo de las condiciones edafoclimáticas. Ambos clones, tanto

dulces como amargos, contienen el glucósido cianogenico, pero las variedades dulces en menor concentración que las amargas. Aparentemente, en los suelos fértiles se incrementa el sabor amargo de la yuca y la concentración de principios venenosos. En la práctica, las yucas amargas son más comunes en el área amazónica y en el Caribe, mientras que el cultivo las dulces se encuentra más generalizado en el norte de la América del Sur.

Cuando las células de la raíz son molidas, aplastadas o ralladas, el ácido cianhídrico se libera bajo la acción de enzimas. La concentración de glucósido puede variar desde 0,005-0,02% en las amargas, y de 0,005-0,0075% en las dulces. Sin embargo, contrariamente a lo que se cree, no existe una relación muy bien definida entre el sabor amargo o dulce y el contenido de principios tóxicos. Las yucas amargas pueden o no ser venenosas.

1.2.3 Producción.

Superficie sembrada y rendimiento mundial de yuca. En condiciones experimentales y en monocultivo, la yuca rinde hasta 90 t/ha de raíces con 25-30 t/ha de materia seca. Con 1000 kg de yuca fresca se pueden obtener 280 kg de harina o 230 kg de almidón o 350 kg de trozos secos o 170 L de alcohol.

La producción mundial de yuca en el 2004 llegó a más de 202 millones de toneladas anuales (se producían solo 70 millones en 1960); de las cuales 53,3% (108 millones) se produjo en África, 29,1% (58 millones) en Asia y el 17,5% (35 millones) se produjo en América Latina y el Caribe, y una pequeña fracción que corresponde al 0,7% (1,4 millones) se produjo en América del Norte y Central (FAO, 2005). La figura 1 muestra la producción mundial de raíces de yuca en el año 2004. Las figuras 2, 3 y 4 muestran la producción; superficie sembrada y rendimiento en África, América Latina y el Caribe y en los países en desarrollo en el año 2004 respectivamente.

Figura 1. Producción mundial de raíces de yuca en el año 2004.

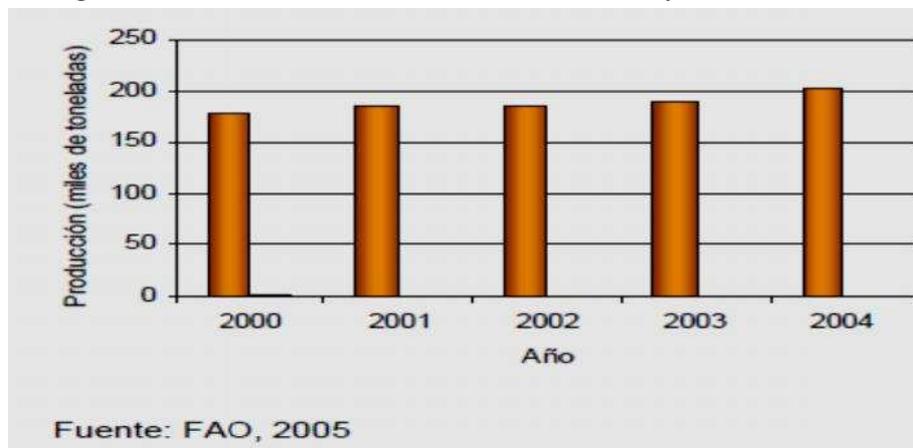


Figura 2. Producción de raíces de yuca en continentes y países en desarrollo en el periodo 2000-04.

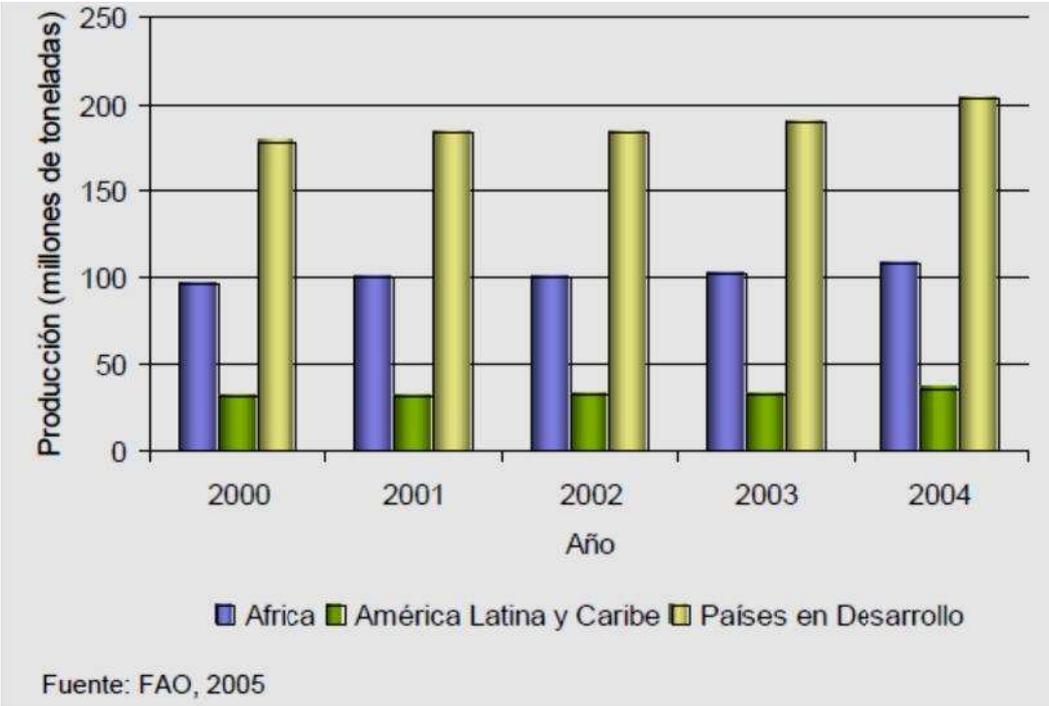


Figura 3. Superficie sembrada de raíces de yuca en continentes y países en desarrollo en el periodo 2000-04.

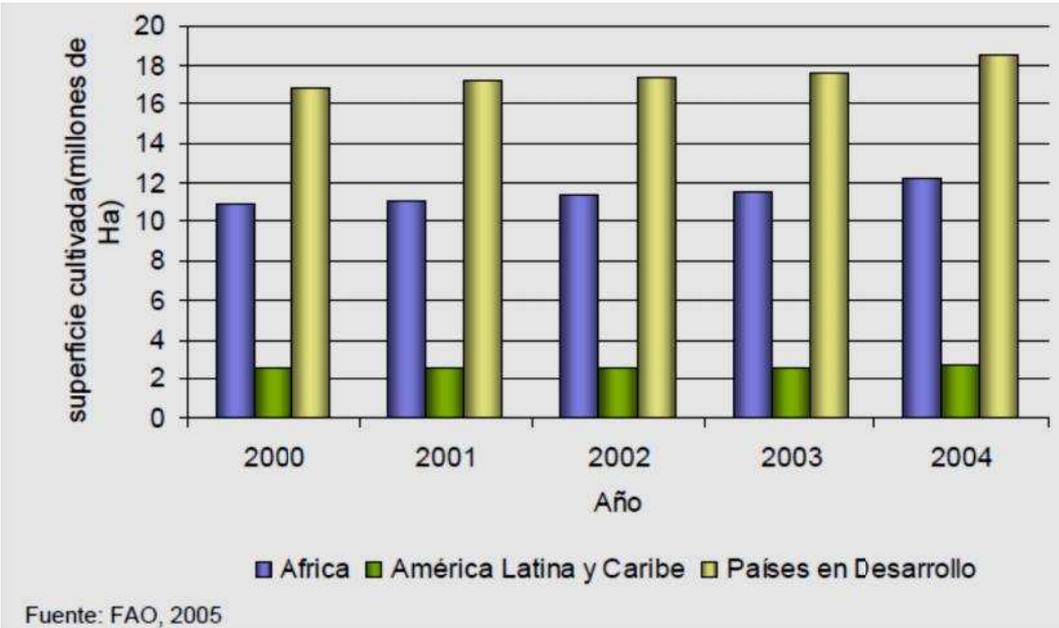
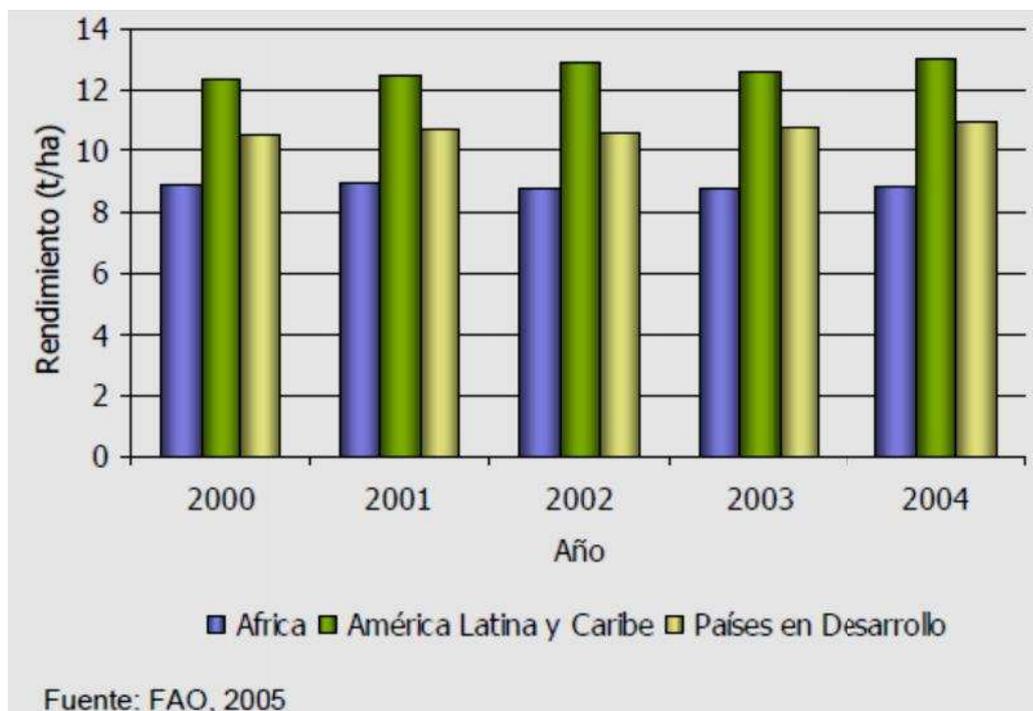


Figura 4. Rendimiento de raíces de yuca en continentes y países en desarrollo en el periodo 2000-04.



Entre los continentes productores de yuca en el mundo se destaca la Producción de África seguida de América Latina y Caribe. África es el continente de mayor producción y superficie sembrada, siendo Nigeria el país de mayor producción. Se destaca la no producción de yuca en Europa y los países desarrollados (FAO, 2005). En las figuras 5, 6 y 7 se presenta la producción, superficie sembrada y rendimiento de los principales países productores de yuca en Suramérica respectivamente; donde Brasil es el principal productor de yuca seguido de Paraguay existen otros países productores como son Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela. En el año 2004, Brasil produjo 24.038.888 t, sembró 1.773.267 ha, y obtuvo un rendimiento de 13,5 t/ha, Paraguay produjo 5.500.000 t, sembró 306.000 ha, y obtuvo un rendimiento de 17,9 t/ha, Colombia produjo 2.218.112 t, sembró 191.719 ha, y obtuvo un rendimiento de 11,6 t/ha (FAO, 2005).

Cuadro 1. Superficie de Producción y Rendimiento de la Yuca

ECUADOR: SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE YUCA			
Años	Superficie (Has.)	Producción (T.M.)	Rendimiento (T.M./Ha)
2003*	23,393	103,390	4.42
2004*	24,364	110,392	4.53
2005*	24,931	126,249	5.06
2006*	29,608	161,112	5.44

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador
Elaboración: CICO-CORPEI

1.2.4 Usos de la yuca.

La yuca tiene una enorme importancia para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos, especialmente en las regiones propensas a la sequía y de suelos áridos; siendo el cuarto producto básico más importante después del arroz, el trigo y el maíz. Tanto sus raíces como sus hojas son adecuadas para el consumo humano; Las primeras son fuente de hidratos de carbono y las segundas son fuentes de vitaminas, proteínas y minerales, particularmente carotenos y vitamina C.

Una amplia gama de productos pueden ser elaborados a partir de la yuca, se destaca su uso en la alimentación humana, alimentación animal, en la producción de almidón y sus derivados como son los almidones modificados, jarabes de glucosa, alcohol entre otros.

- Alimentación humana. En algunos países de Sudamérica como Ecuador y Colombia existen muchas formas de procesar la yuca para el consumo humano, tradicionalmente se hierva la raíz de 10-40 minutos en la preparación de sancochos y sopas. El tiempo de ebullición requerido depende de la variedad, por lo cual, este es uno de los factores para tener en cuenta en el proceso de selección de variedades para tal fin, sólo deben utilizarse variedades dulces, ya que las amargas conservan su sabor después de la cocción y además pueden ser peligrosas por su toxicidad.

La yuca también se consume frita, recientemente se ha venido desarrollando una interesante industria de croquetas precocidas y congeladas. Esta alternativa soluciona, por un lado la rápida perecibilidad de las raíces y permite agregarle valor mediante su procesamiento.

La yuca también puede ser procesada para la elaboración de almidón agrio y harina de yuca "productos muy consumidos en países como Brasil, Ecuador y

Colombia", el almidón agrio es usado en panificación de productos tradicionales, como pan de yuca, rosquillas. La harina de yuca puede ser usada para la producción de harinas compuestas trigo-yuca, para la elaboración de pan, tortas, galletas, entre otros.

En Brasil, una gran proporción de la yuca es consumida como *farinha* en la preparación de diversos platos típicos. La *farinha* se obtiene primeramente pelando, rallando y exprimiendo las raíces (lo que eventualmente elimina el glucósido cianogénico).

En Brasil, una gran proporción de la yuca es consumida como *farinha* en la preparación de diversos platos típicos. La *farinha* se obtiene primeramente pelando, rallando y exprimiendo las raíces (lo que eventualmente elimina el glucósido cianogénico).

En Brasil, una gran proporción de la yuca es consumida como *farinha* en la preparación de diversos platos típicos. La *farinha* se obtiene primeramente pelando, rallando y exprimiendo las raíces (lo que eventualmente elimina el glucósido cianogénico).

- **Alimentación animal.** Por su alto valor energético, la yuca ofrece muy buenas oportunidades para la alimentación animal en la forma de trozos secos, *chips* o procesados en forma de pellets. Este uso es el mayor destino al cual se dirige la producción de yuca, siendo Tailandia el país líder en producción. Los trozos secos pueden ser incorporados en la formulación de alimentos balanceados para aves y porcinos, en la piscicultura y para otros animales domésticos. La obtención de trozos se realiza exponiendo el materia al aire y al sol, por lo cual es un proceso totalmente natural, donde se emplea gran número de personas para el volteo de los trozos.

- **Almidones.** Una de las utilizaciones de yuca más importantes es la producción de almidón. Su extracción puede realizarse en plantas artesanales con capacidad de unas pocas toneladas de almidón al mes y en enormes plantas con capacidades hasta de 400.000 t/año. En el proceso las raíces son lavadas y peladas, luego son maceradas finamente (rallado), enseguida se separa el almidón y el agua que lo arrastra, y por otro lado las fibras y proteína que las raíces contienen. Finalmente el almidón obtenido se seca solar o artificialmente, es empacado y comercializado.

Se puede obtener dos tipos de almidón de yuca: el almidón sin fermentar o llamado almidón *nativo*, o fermentado llamado almidón *agrio*.

- **Alcohol.** La yuca tiene un alto potencial para producir alcohol. Luego de la crisis petrolera de la década de los 70s, Brasil hizo planes para sustituir parte del combustible derivado del petróleo con alcohol producido a partir de caña de azúcar o yuca. A pesar del escepticismo inicial, los resultados demostraron

que el enfoque de este estudio para resolver la crisis energética tenía considerable sustento. Por ejemplo, Brasil produjo en 1980 alcohol para sustituir 20% de la gasolina necesaria para sus automóviles, sin embargo actualmente, por competitividad en costos, se produce a partir de caña. A medida que el suministro de productos derivados del petróleo sea más difícil, la demanda de sustitutos del petróleo se intensificara.

1.2.5 ALMIDÓN

El almidón es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, constituido por amilosa y amilopectina. Proporciona el 70-80% de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo. Tanto el almidón como los productos de la hidrólisis del almidón constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles de la dieta habitual. Del mismo modo, la cantidad de almidón utilizado en la preparación de productos alimenticios, sin contar el que se encuentra presente en las harinas usadas para hacer pan y otros productos de panadería. Los almidones comerciales se obtienen de las semillas de cereales, particularmente de maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum spp.*), varios tipos de arroz (*Oryza sativa*), y de algunas raíces y tubérculos, particularmente de patata (*Solanum tuberosum*), batata (*Ipomoea batatas*) y mandioca (*Manihot esculenta*). Los almidones modificados tienen un número enorme de posibles aplicaciones en los alimentos, que incluyen las siguientes: adhesivo, ligante, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, agente anti-envejecimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante, estabilizante, texturizante y espesante.

El almidón se diferencia de todos los demás carbohidratos en que, en la naturaleza se presenta como complejas partículas discretas (gránulos). Los gránulos de almidón son relativamente densos, insolubles y se hidratan muy mal en agua fría. Pueden ser dispersados en agua, dando lugar a la formación de suspensiones de baja viscosidad que pueden ser fácilmente mezcladas y bombeadas, incluso a concentraciones mayores del 35%.

Químicamente es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina; contienen regiones cristalinas y no cristalinas en capas alternadas. Puesto que la cristalinidad es producida por el ordenamiento de las cadenas de amilopectina, los gránulos de almidón céreo tienen parecido grado de cristalinidad que los almidones normales. La disposición radial y ordenada de las moléculas de almidón en un gránulo resulta evidente al observar la cruz de polarización (cruz blanca sobre un fondo negro) en un microscopio de polarización cuando se colocan los polarizadores a 90° entre sí. El centro de la cruz corresponde con el hilum, el centro de crecimiento de gránulo.

La amilosa es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos $\alpha(1,4)$, que establece largas cadenas lineales con 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana cuya unidad repetitiva es la α -maltosa.

Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de hélice consta de seis moléculas de glucosa. El interior de la hélice contiene sólo átomos de hidrógeno, y es por tanto lipofílico, mientras que los grupos hidroxilo están situados en el exterior de la hélice. La mayoría de los almidones contienen alrededor del 25% de amilosa. Los dos almidones de maíz comúnmente conocidos como ricos en amilosa que existen comercialmente poseen contenidos aparentes de masa alrededor del 52% y del 70-75%.

La amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular similar a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. Su peso molecular es muy alto ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones. La amilopectina constituye alrededor del 75% de los almidones más comunes. Algunos almidones están constituidos exclusivamente por amilopectina y son conocidos como céreos. La amilopectina de papa es la única que posee en su molécula grupos éster fosfato, unidos más frecuentemente en una posición O-6, mientras que el tercio restante lo hace en posición O-3.

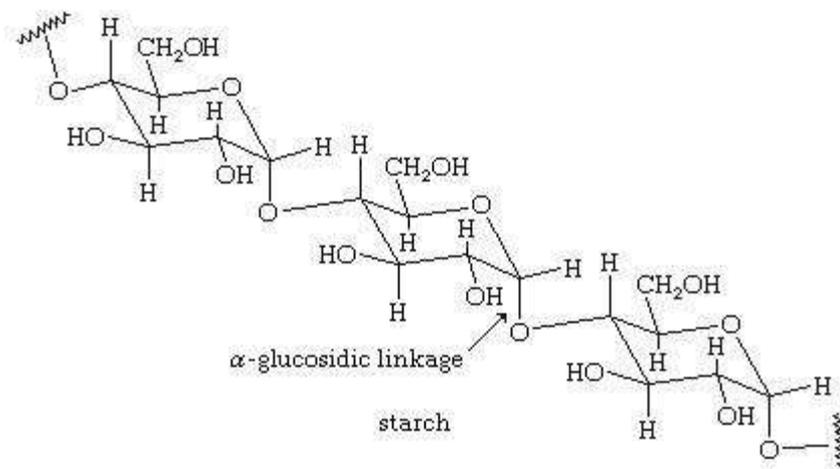
El almidón es el único producido universalmente en pequeños gránulos sintetizados en los aminoplastos, están formados por capas concéntricas o excéntricas de distinto espesor y tienen tamaño (2-150 μm), distribución de tamaños y forma variables directamente relacionados con el sistema biosintético de las plantas y por condiciones físicas impuestas por el entorno del tejido. El 70% aproximadamente de la masa de un grano de almidón se considera amorfo y el 30% aproximadamente cristalino. En las zonas amorfas se localiza la mayor parte de la amilosa aunque también una fracción considerable de amilopectina. Las zonas cristalinas están formadas predominantemente por amilopectina.

Al calentar la suspensión de almidón, las moléculas vibran rigurosamente, rompiendo enlaces intramoleculares y permitiendo así la formación de puentes de hidrógeno con el agua, lo cuál origina una serie de modificaciones irreversibles a partir de una temperatura que es característica para cada almidón. Los gránulos absorben de 20-40 g de agua/g de almidón y la viscosidad de la disolución aumenta notablemente. A la vez, una parte de la amilosa difunde fuera del gránulo y pasa a disolución. Finalmente el gránulo explota sus cristales se funden y forman una red polimérica, esta fase es llamada gelatinización. Mediante una nueva agitación los gránulos son fácilmente desintegrados, provocando una disminución en la viscosidad.

1.2.6 Estructura molecular del almidón.

A nivel molecular el almidón está compuesto por amilosa y amilopectina las cuales presentan variaciones dependiendo de la fuente de almidón de la cual provengan. Las propiedades del almidón dependen de la proporción amilosa-amilopectina

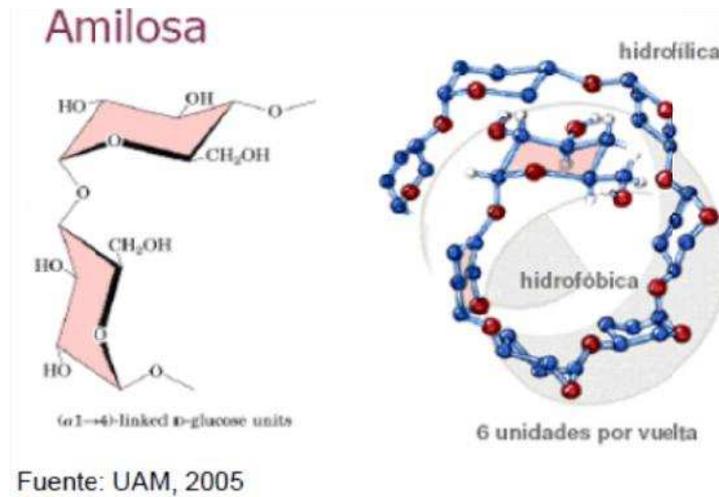
Figura 5. Estructura del Almidón



Fuente: Casa abierta Universidad Autónoma Metropolitana

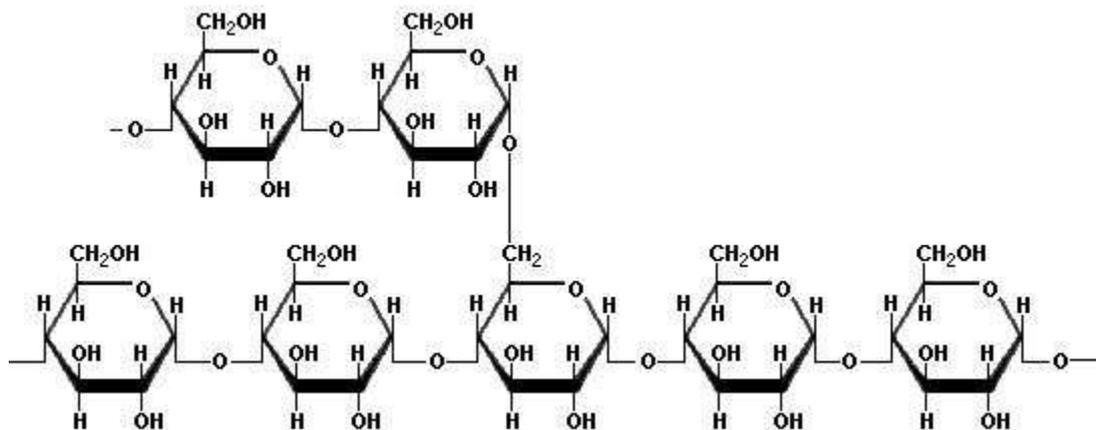
- *Estructura y propiedades de la amilosa.* La amilosa se compone exclusivamente de cadenas de restos de α -D-glucopiranosilo unidas por enlaces α (1-4). La hidrólisis enzimática de la amilosa es llevada a cabo por enzimas como la α -amilasa, β -amilasa y glucoamilasas. Puesto que la β -amilasa frecuentemente no llega a convertir la totalidad de la amilosa en maltosa, se ha supuesto que podría existir una pequeñísima proporción de ramificaciones gracias a enlaces α (1-6), el tamaño molecular de la amilosa es muy variable. Tienden o forman estructuras helicoidales capaces de incluir a otras moléculas como ácidos grasos o hidrocarburos.

Figura 6. Estructura molecular de la amilosa.



- *Estructura y propiedades de la amilopectina.* La amilopectina es un glucano ramificado. En las cadenas lineales está unido por enlaces α (1-4) y α (1-3), y en los puntos de ramificación está unido por enlaces α (1-6); existe un punto de ramificación cada 15-30 restos de glucosa. El peso molecular de la amilopectina es muy elevado y se encuentra en el intervalo de 10^7 a 7×10^8 . Por cada 400 unidades de glucosa aproximadamente aparece uno de fosfato. La amilopectina, por calentamiento en agua, proporciona soluciones claras y de alta viscosidad que son además filamentosas y cohesivas. Al contrario que la amilosa no tiene casi tendencia a la retrogradación, no presenta envejecimiento, ni formación de geles, aunque la concentración sea muy alta. La viscosidad decrece sin embargo fácilmente en medio ácido en tratamientos en autoclave o por fuerte agitación mecánica.

Figura 7. Estructura de la Amilopectina



Fuente: Copyright 2012 Antonio Zamora

1.2.7 Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón.

Las principales propiedades físico-químicas de un almidón son: composición proximal, características del grano (tamaño y forma), naturaleza cristalina, peso molecular, poder de hinchamiento, solubilidad, contenido relativo de amilosa y características de la pasta que produce.

Las características típicas del almidón de yuca son diferentes a las obtenidas a partir de maíz o de papa, lo que crea un nicho en el que ciertos procesos industriales pueden preferir la utilización de un almidón con respecto a otro. Las principales propiedades fisicoquímicas de un almidón son: composición proximal, características del grano (tamaño y forma), naturaleza cristalina, peso molecular, poder de hinchamiento, solubilidad, contenido relativo de amilosa y características de la pasta que produce. La tabla 1 muestra algunas de las propiedades más importantes de los componentes del almidón.

El contenido de proteína del almidón de yuca (0,1%) es muy bajo comparado con el de los almidones de arroz (0,45%) y de maíz (0,35%). La proteína residual de estos almidones puede dar un sabor harinoso y una tendencia a producir espuma.

Los gránulos de almidón de papa y yuca contienen un pequeño porcentaje de sustancias grasas, comparado con los almidones de los cereales (maíz y arroz), los cuales contienen respectivamente 0,6%-0,8%. Esta composición favorece el almidón de yuca, ya que estos lípidos forman un complejo con la amilosa, la cual tiende a reprimir el hinchamiento y la solubilización de los gránulos de almidón, y por esta razón se necesitan temperaturas altas (> 125 °C) para romper así la estructura amilosa-lípido y solubilizar la fracción de amilosa. La presencia de sustancias grasas puede crear problemas por la tendencia a ranciarse en el almacenamiento.

Cuadro 2. Características de la amilosa y la amilopectina

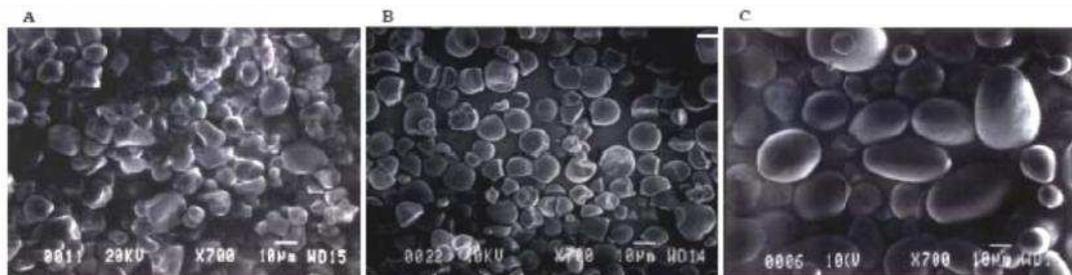
Propiedad	Amilosa	Amilopectina
Peso molecular	1-2 x 10 ⁵	> 2 x 10 ⁷
Grado de polimerización	990	7200
Ligamientos glucosídicos	α - D (1-4)	α - D (1-6)
Estructura molecular	Básicamente lineal	Muy ramificada
Susceptible a retrogradación	Alta	Baja
Afinidad con el Yodo	20,1 g / 100 g	1,1 g / 100 g

Fuente: Adaptado de Hallauer, 1994

Los gránulos de almidón de yuca son redondos con terminales truncados y con un núcleo bien definido y su tamaño varía de 5-35 nm, con promedios de 20 nm. Los gránulos de los almidones de arroz y maíz ceroso tienen forma poliédrica, mientras que los gránulos de almidón de papa son ovoides y presentan los gránulos de mayor tamaño (5-100 nm), con promedio de 33 nm. El tamaño de los gránulos de maíz y maíz ceroso es intermedio entre 3-26 nm, con un promedio de 15 nm, similar al de los gránulos de almidón de yuca.

Los gránulos más pequeños corresponden a los de arroz, que varían de 3-8 nm y son considerados como los más resistentes a procesos con altas temperaturas, como la esterilización; además, poseen mayor digestibilidad (ver Figura 14). El nivel de cristalización del almidón de yuca está por el orden de 38%. La cristalinidad del gránulo se debe esencialmente a la amilopectina.

Figura 8. Forma de gránulo del almidón de maíz(A), yuca (B), y papa (C).



Fuente: Hurtado, 1997

Cuando una suspensión en agua de almidón es sometida a calentamiento, los gránulos lentamente absorben agua y aumentan de tamaño. Inicialmente, los gránulos retienen sus propiedades ópticas, incluyendo la habilidad para refractar la luz polarizada (birrefringencia), lo cual se debe a la alineación de las moléculas en los gránulos de almidón. Se ha observado que los gránulos de almidón de yuca tienen baja birrefringencia a temperatura entre 58-64 °C, comparados con los gránulos de maíz a temperaturas entre 62-68 °C.

Aunque hay diferencia varietal en las propiedades reológicas o funcionales de los almidones de yuca, las curvas del amilograma Brabender siguen un patrón similar a los almidones que poseen un alto contenido de amilopectina. El almidón de yuca gelatiniza como el almidón de arroz y maíz cerosos que gelatinizan a temperaturas relativamente bajas (60-67 °C) el punto máximo se alcanza rápidamente, lo que indica que es un almidón fácil de cocinar y requiere bajo consumo de energía durante su cocción. Además, tiene una tendencia baja a la retrogradación y produce un gel muy claro y estable (ver Figuras 15 y 16).

Las propiedades de claridad y baja retrogradación del almidón de yuca pueden ser utilizadas en muchos productos alimenticios; sus características reológicas

se asemejan bastante a las del almidón de maíz ceroso. Las propiedades de calidad de las pastas de almidón son modificadas durante el proceso de congelación, aumentando, la exudación de agua o "sinéresis", lo que deteriora la estructura de la pasta, algunos almidones nativos, como la yuca y la oca, han sido considerados resistentes a este proceso. También se ha encontrado que las pastas de almidón de yuca son estables a medios ácidos por debajo de pH 2,4, medio en el cual hay destrucción del gránulo y del aspecto físico de la pasta, debido a una hidrólisis parcial o total de las pastas.

Figura 9. Gelificación de gránulos de almidón

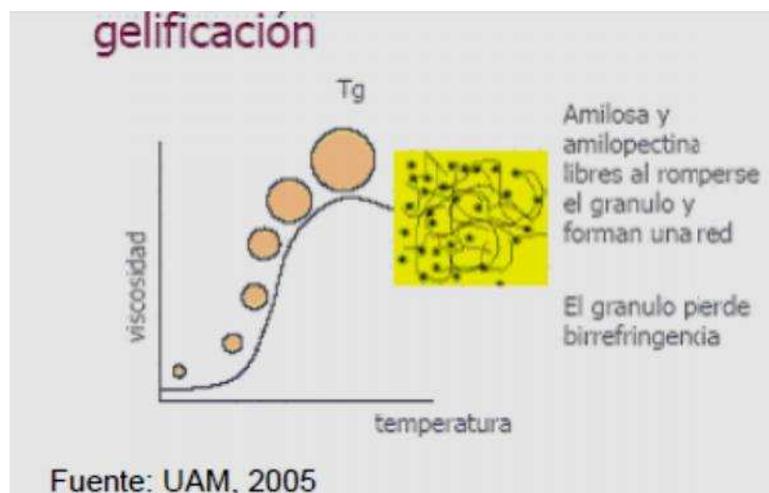
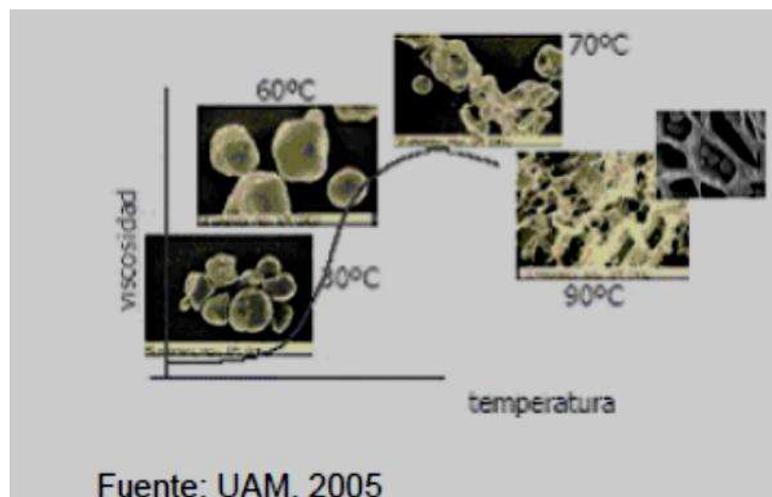


Figura 10. Cinética de gelificación de gránulos de almidón



1.2.8 Usos del almidón.

El almidón es utilizado en diversos sectores, como la industria de alimentos, la industria de papel y cartón, la industria textil, la industria de adhesivos, la industria farmacéutica, entre otros.

- *Industria de alimentos.* El almidón nativo se usa solo o mezclado, en la elaboración de macarrones y de diversas harinas; con estas se preparan pudines, pasteles, galletas, obleas, bizcochos, almojábanas, cremas, helados, sopas, ensaladas, embutidos y otros productos alimenticios. Con el almidón agrio se elaboran también productos alimenticios tradicionales en Colombia, como el pan de bono y el pan de yuca. El almidón pregelatinizado es usado como aditivo para espesar, estabilizar o recubrir tortas de frutas, mezclas secas, pudines, crema de leche. Los almidones modificados, por diferentes medios; se usan como espesantes de salsas blancas, y para estabilizar y emulsificar aderezos para ensaladas, gelatinas nutritivas, postres instantáneos, helados, pudines y alimentos para bebe.

- *Industria de papel y cartón.* La elaboración de papel y de cartón consta de varias etapas, en las cuales se adiciona almidón nativo y almidones modificados al producto final para darle ciertas propiedades y diferente calidad. La industria del papel exige tres características básicas en el almidón nativo de yuca: blancura, bajo contenido de fibra y pocas impurezas. Puede tener el almidón otras características físicas o químicas, las cuales afectan el proceso de elaboración del papel o la formación de la pasta que le da origen. El almidón ayuda a unir las fibras de celulosa del papel y forma una capa superficial que reduce la pelusa y aumenta la consistencia, la solidez y la durabilidad de las hojas de papel. Esta capa delgada da también mayor resistencia mecánica al cartón. Además como adhesivo en el laminado de ciertos papeles, de cajas corrugadas, de papel de colgadura (para empapelar), de tubos de cartón y de otros artículos. También se emplea en el reciclaje del papel y del cartón.

- *Industria textil.* El almidón es usado en esta industria, para engomar los hilos de la urdimbre y de la trama en la elaboración de telas, y también es usado como engomante para almidonar tejidos blancos en la industria de lavandería.

- *Industria de adhesivos.* El almidón se usa para la elaboración de adhesivos o colas baratas. Estos pegantes se utilizan para fabricar materiales de embalaje, etiquetas, papel de envoltura y cinta pegante de humedecer, productos cuyo uso los hace desechables. Los pegantes son muy útiles para las empacadoras y etiquetadoras de alta velocidad, por dos razones: costo relativamente bajo y gran velocidad de adhesión.

- *Industria farmacéutica.* El almidón pregelatinizado se emplea en farmacia para diluir, aglutinar, lubricar o desintegrar diversos productos sólidos. Este almidón actúa también como absorbente, da viscosidad y sirve de vehículo a sustancias pastosas, líquidas o semisólidas en la elaboración de cremas y lociones de uso dermatológico. Se emplea además para fabricar polvos faciales finos, polvos compactos y polvos nutritivos y como soporte en la fabricación de obleas.

- *Otros usos.* El almidón nativo de yuca se usa en la industria química para obtener alcoholes, glucosa y acetona; para fabricar explosivos, colorantes, pilas secas e impresiones dentales; y en la coagulación del caucho, en minería como floculante y como componente de las soluciones empleadas en la perforación de pozos de petróleo

1.2.9 Almidones modificados.

El almidón muestra propiedades especiales que pueden ser usadas para diferentes propósitos. Muchas de estas no son apropiadas para algunas aplicaciones específicas y existen métodos disponibles para modificarlas. Las principales modificaciones pueden ser físicas, químicas y degradativas. Los tratamientos químicos están basados en la disponibilidad de un gran número de radicales hidroxilo en las moléculas de almidón, estos radicales pueden reaccionar en diferentes vías con diferentes reactivos. La modificación degradativa incluye dextrinización, oxidación hidrolizada e hidrólisis en compuestos de bajo peso molecular. Existe una creciente demanda de los almidones modificados, los cuales son utilizados con fines muy específicos. El almidón de yuca presenta alrededor del 18 % de amilosa, mientras que el de los cereales, alrededor del 22 %. Cerca a los carbohidratos, el almidón puede presentar, bajos contenidos de sustancias acompañantes, que pueden modificar drásticamente sus propiedades, entre esos componentes, se encuentra el nitrógeno, lípidos, y minerales como el fósforo, este último se encuentra en forma de Ester, y relacionado con mayor frecuencia a la amilopectina.

- *Modificaciones del almidón.* Las modificaciones del almidón pueden clasificarse en físicas, químicas, enzimáticas y combinadas. En la figura 17 se muestran las principales modificaciones que se pueden realizar al almidón.

El almidón puede ser modificado por vía ácida para reducir la viscosidad y ser usado en textiles, papel e industria de alimentos; *los almidones oxidados*, obtenidos por reacción del almidón con hipoclorito en medio alcalino, se producen simultáneamente reacciones de oxidación e hidrólisis que rompen los enlaces glucosídicos del almidón, se utilizan en la preparación de salsas y mayonesas y tienen una pequeña participación en el mercado de encolado, no retrogradan ni melifican; *el almidón entrecruzado* Se obtienen por reacción con

moléculas bifuncionales como la epiclorhidrina, el oxiclورو de fósforo o anhídridos mixtos de ácidos orgánicos, por esta ruta pueden obtenerse productos con cadenas entrecruzadas, mucho más estables y de gran resistencia, con escasa tendencia al hinchamiento. Son de especial interés para alimentos congelados, sobre todo si el tratamiento se combina con esterificación; *el almidón acétilado* presenta menor tendencia a la retrogradación; *el almidón fosfatado* es recomendado para alimentos refrigerados o congelados, es obtenido por tratamientos con ácido fosfórico, para introducir un grupo iónico fosfato a la estructura del almidón, así pueden ser obtenidos almidones mono-ester-fosfato o poli-ester-fosfato, estos almidones son indicados para la elaboración de gelatinas y gomas coloidales y poseen estabilidad en el congelamiento; también hay procesos enzimáticos que dan origen a dextrina, maltosa y glucosa, azúcares con diferentes grados de endulzamiento y adherencia, la dextrina es la base para la elaboración de pegamentos, y la maltosa y la glucosa son de usos versátiles, como en alimentos y bebidas fermentadas.

1.3 DEXTRINAS

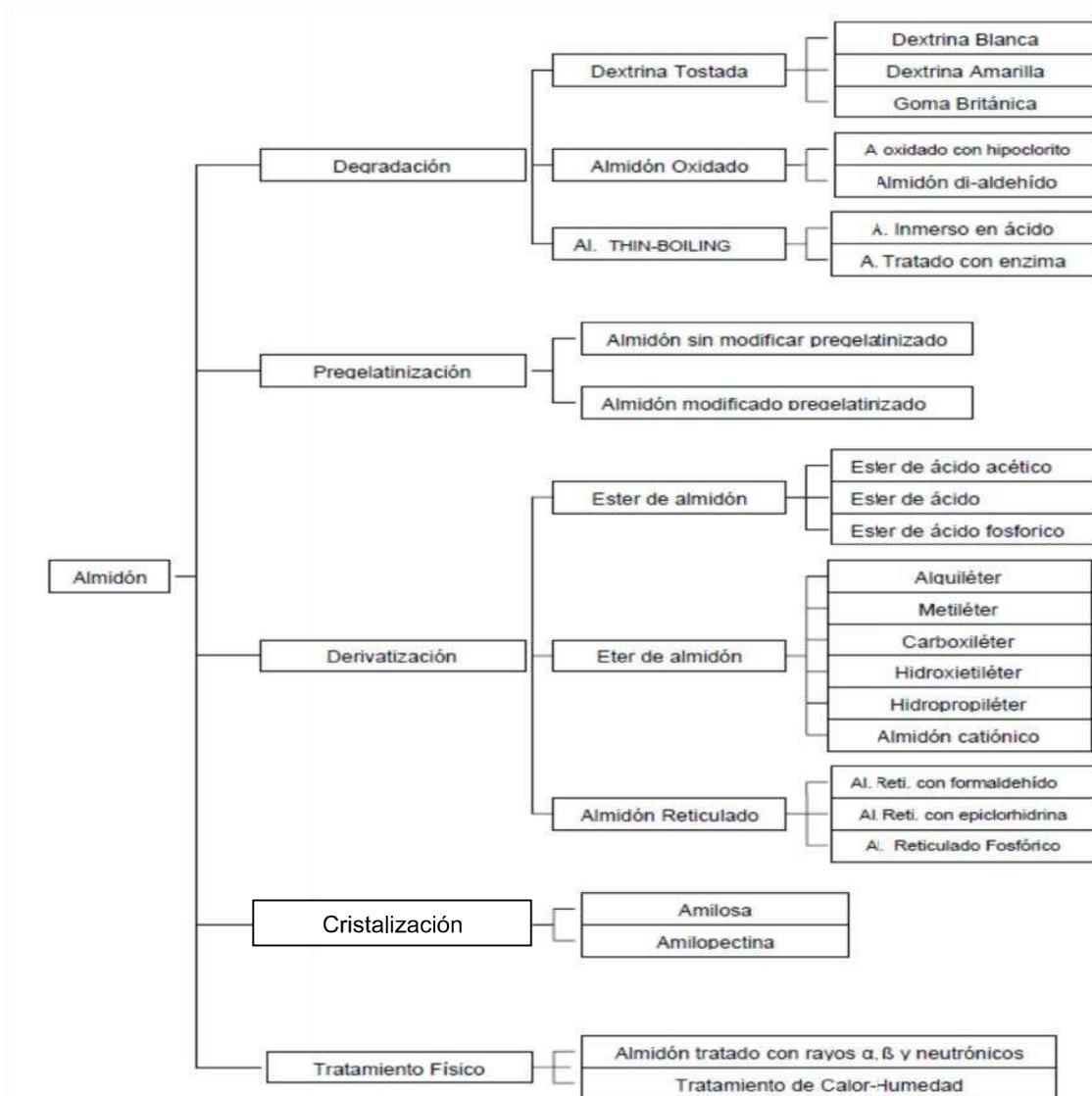
Científicamente, las dextrinas son productos de degradación parcial del almidón obtenidos por medio de temperatura y/o catalizadores, en un mecanismo de conversión que involucra procesos de ruptura hidrolítica, reorganización de moléculas y repolimerización. La dextrina tiene la misma fórmula empírica del almidón original $(C_6H_{10}O_5)_n$, donde en el almidón el valor de n es completamente largo pero en las dextrinas decrece progresivamente con la degradación del almidón. La dextrina es considerada químicamente intermediaria entre el almidón y la dextrosa, se presenta como un sólido amorfo color crema hasta marrón, soluble en agua fría, insoluble en alcohol. Las soluciones de dextrina son ópticamente activas y dextrógiras y su rotación específica es +195.

El origen del almidón es muy importante para la manufactura de dextrinas, ya que dependiendo de este así será la calidad y propiedades de las dextrinas obtenidas. El almidón de yuca ha sido reconocido como la materia prima más adecuada para la producción de dextrinas de alta calidad (Prime Quality Dextrins). El proceso de producción de dextrinas es esencialmente el mismo para todos los almidones, pero la facilidad de conversión cambia con el tipo de almidón y su calidad. Almidones de cualquier variedad de yuca pueden ser utilizados para la producción de dextrinas; sin embargo, la conversión se favorece para variedades de alto contenido de amilopectina. Se determinó que a partir de harina no es posible obtener dextrinas de excelente calidad.

1.3.1 Métodos de obtención de dextrinas.

La obtención de dextrinas puede llevarse a cabo por medio de dos rutas, ruta húmeda y ruta seca.

Figura 11. Clasificación de almidones modificados.



Fuente: James, 1979.

- Ruta húmeda. El almidón se dispersa en agua y es calentado en presencia de un catalizador o tratado con enzimas y posteriormente secado. Los tratamientos que se hacen con ácido y enzimas se describen a continuación.

- Tratamiento con ácido. Se preparan por simple calentamiento de suspensiones acuosas de almidón con ácido. Son usadas para textiles o adhesivos; sin embargo, poseen cierta cantidad de dextrosa y su presencia en cantidades excesivas causa rompimiento de la película adhesiva con la consecuente disminución de su fuerza.

- Tratamiento con enzima. La conversión con enzimas se lleva a cabo por tratamiento de una pasta de almidón, con enzimas hidrolíticas. Según el tipo de enzima se pueden obtener *Maltodextrinas*, que se emplean en mezclas de panadería, polvos para bebidas, condimentos, alimentos deshidratados o instantáneos, mezclas de jabones secos, encapsulantes de sabor, aromas y color, espesantes y estabilizantes de emulsiones y espumas, sustitutos de grasa, endulzantes en alimentos infantiles y dietéticos. Otro de los productos obtenidos con este tratamiento son las *Ciclodextrinas*, las cuales tienen entre sus principales aplicaciones industriales la estabilización de sustancias volátiles, de emulsiones y de compuestos aromáticos, modificación de la actividad química de una molécula por protección de algunos de sus grupos funcionales, encapsulamiento de aromas y sabores, extracción de productos tóxicos de aguas residuales y tienen como potencial imitar el papel de un biocatalizador.

- *Ruta seca*. El almidón es sometido a altas temperaturas en presencia de un catalizador, dependiendo de la temperatura que se maneje, y la presencia o ausencia de un catalizador se pueden obtener tres clases de dextrinas.

- Dextrinas blancas. Se obtienen por tratamiento del almidón con trazas de ácidos minerales, pH bajo, baja temperatura; 80-120 °C y tiempos de tostación relativamente cortos; 3-8 horas. Son de color blanco similar al almidón, poseen viscosidad variable y su solubilidad en agua fría puede ser desde 0-90%. El grado promedio de ramificación es calculado alrededor del 3%. En estas dextrinas la hidrólisis es la principal reacción, obteniéndose almidones depolimerizados por ruptura de enlaces α (1,4). Su empleo es principalmente en la industria de confitería y de adhesivos.

- Dextrinas amarillas o canarias. Son obtenidas a temperaturas mayores; 150-220 °C, pH bajo y por largo tiempo de tostación; 6-18 horas. Presentan un distintivo color que va desde crema a amarillo y tienen alta solubilidad. La mayoría son solubles 100% en agua fría. El grado promedio de ramificación es 20%. Estas dextrinas resultan de la combinación de dos mecanismos hidrólisis y repolimerización, los cuales tienen lugar en sucesión. Forman excelentes

adhesivos para la industria del papel, se emplean también como aglutinantes, plastificantes y flexibilizantes.

- Gomas británicas. Se forman cuando el almidón sólo se calienta a temperaturas altas; 130-220 °C, a alto pH, y por un tiempo largo de proceso, 10-20 horas. El rompimiento hidrolítico es mínimo y las reacciones de dextrinización son lentas. Son de color marrón oscuro, tiene gran variación en solubilidad y poder viscosante. El grado de ramificación es del orden 20-25%.

1.3.2 PROPIEDADES DE LAS DEXTRINAS

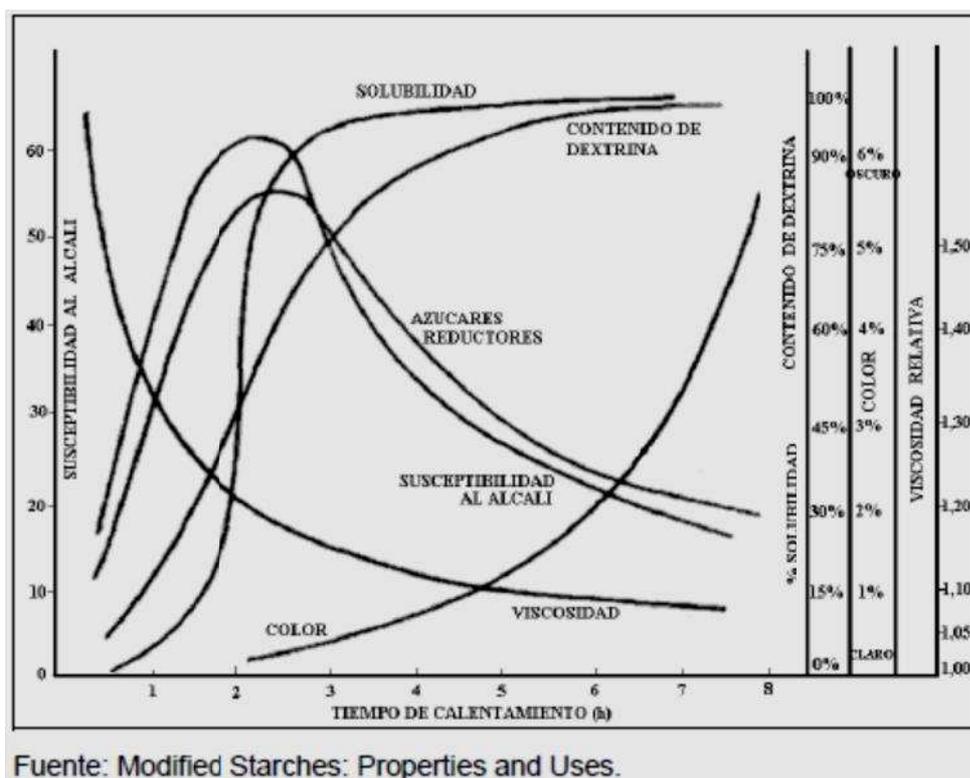
Existen numerosos parámetros por los cuales una dextrina puede ser caracterizada y que pueden usarse para hacer el seguimiento de la conversión. Las propiedades del producto final dependen no solo de la temperatura de conversión, sino también del tipo de almidón usado, la cantidad y tipo de catalizador utilizado y su tiempo de difusión en el almidón, el contenido de humedad del almidón, la duración del periodo de tostación y el equipo de proceso. Pequeñas variaciones de estos factores pueden dar un producto con características diferentes. Las propiedades más importantes se citan a continuación y la Figura 2 muestra una representación de los cambios que ocurren en estas propiedades durante el proceso de producción de dextrinas amarillas, las cuales son pirodextrinas altamente convertidas.

- **Solubilidad.** En las primeras fases de conversión se presenta poco cambio en la solubilidad en agua fría, sin embargo, esta se incrementa con mayor grado de conversión; cuando las temperaturas alcanzan los 130 -145°C la solubilidad alcanza aproximadamente el 100% (1). El comportamiento de pasta desaparece y se forman soluciones estables de viscosidad relativamente baja. El aumento en la solubilidad se debe a la disminución del tamaño de las cadenas por el debilitamiento de las uniones de hidrogeno. Las dextrinas blancas, de baja conversión, tienen limitada solubilidad en agua fría y muestran el comportamiento del almidón nativo, mientras que las dextrinas convertidas totalmente, son prácticamente 100% solubles.
- **Viscosidad.** La viscosidad decrece sustancialmente durante la primera hora de dextrinización, hasta lograr una curva casi plana al avanzar la tostación. Este cambio es el resultado de dos reacciones simultáneas, hidrólisis y repolimerización.
- **Azúcares reductores.** Durante el calentamiento inicial los azúcares reductores alcanzan un máximo casi al mismo tiempo que la viscosidad descende drásticamente. Durante este período, se forman sacáridos incluyendo glucosa, maltosa y oligosacáridos que pueden dar a la dextrina un valor reductor excepcionalmente alto. La repolimerización de estos compuestos de bajo peso molecular a altas temperaturas origina la disminución en el contenido de azúcares reductores.

El contenido de azúcares reductores de las dextrinas canarias es tan bajo, que llega a valores cercanos al 1%.

- **Humedad.** El contenido de humedad del almidón se reduce gradualmente durante el proceso de dextrinización. El rango del contenido de humedad final es de 3 a 5 % para las dextrinas blancas y usualmente menor de 2 % para las dextrinas amarillas. Sin embargo, en contacto con la humedad normal de la atmósfera, la dextrina puede recuperar la humedad hasta un contenido final de 8 a 10 %.
- **Color.** Este depende de la temperatura y el grado de acidez aplicados durante la conversión. Las dextrinas obtenidas a bajas temperaturas son blancas, a medida que se aumentan la temperatura y el contenido de ácido, el color se va oscureciendo.

Figura 12. Cambios de las propiedades durante la producción de dextrinas amarillas



1.3.3 Reacciones en el proceso de dextrinización por ruta seca.

En la dextrinización ocurren principalmente tres reacciones que se describen a continuación.

- *Hidrólisis*. Esta primera etapa está dada por el rompimiento de los enlaces glucosídicos α (1-4) y probablemente algunos enlaces α (1-6); esta reacción tiene lugar en la etapa de presecado por la acción del catalizador, la humedad y el calor. El principal resultado es una reducción del tamaño de la molécula, un decrecimiento en la viscosidad y un incremento en la cantidad de azúcares reductores. El catalizador ataca principalmente las regiones amorfas y luego las de alta cristalinidad, cuando el tiempo de la reacción avanza la cristalinidad aumenta y el contenido de amilosa disminuye.

- *Tranglucosidación*. Una vez ocurre el rompimiento de los enlaces glucosídicos se da una reubicación de las moléculas para la producción de estructuras altamente ramificadas. La recombinación de fragmentos se realiza entre los grupos hidroxilos más cercanos a la molécula fraccionada, este tipo de reacción es la que produce estructuras ramificadas. El proceso es completamente aleatorio y se producen ramificaciones tanto por enlaces α (1-6) como α (1-2) ó α (1-4). Esta reacción se favorece por el calor que se da cuando la humedad ha desaparecido. Esta etapa no modifica el peso ni la cantidad de azúcares reductores, le otorga estabilidad a la dextrina, ya que reduce la cantidad de moléculas lineales.

- *Repolimerización*. Durante esta etapa el número de azúcares reductores disminuye, dado que la glucosa es capaz de polimerizar a altas temperaturas y en la presencia de cantidades catalíticas de ácido. Durante este proceso se lleva a cabo una repolimerización o unión de algunas moléculas en otras más largas

Debido a la naturaleza del proceso de dextrinización y la complejidad molecular del almidón, un ilimitado número de dextrinas puede ser obtenido. Todas las variaciones en la estructura producen solamente dos cambios característicos. Uno es el tamaño molecular de la partícula de dextrina y el otro es un cambio en el grado de linealidad. Cada uno de estos cambios tiene un efecto específico sobre las características físicas y químicas de la dextrina. La variación en el peso molecular promedio influye en la viscosidad de la dextrina, mientras que el cambio en la linealidad influye enormemente en las características de solubilidad.

1.3.4 Usos de las dextrinas.

Según un estudio de mercado realizado en Colombia, las dextrinas obtenidas por ruta seca son la principal materia prima para la elaboración de adhesivos principalmente para la elaboración de tubos en espiral, formado de sacos de papel, cierre de cajas de cartón y pegado de etiquetas sobre vidrio.

Figura 13. Principales aplicaciones de los adhesivos de dextrina.



Fuente: Aristizábal, 2004

- *Cerrado de cajas de cartón.* Este adhesivo se usa para encolar las aletas superiores y/o inferiores de las cajas de cartón corrugado a mano o en máquina. El factor principal en la selección del adhesivo adecuado está en el largo de la unidad de compresión que controla el tiempo. Generalmente, se usan adhesivos con alto contenido de soda cáustica. Los adhesivos tienen un contenido de sólidos de 30-40 % y 1.000-3.000c (25 °C).

- *Fabricación de cores o tubos en espiral.* En la formación de un tubo en espiral, formado por varias capas de cartón enrolladas unidas entre sí, se usan dos tipos de adhesivos. Para las capas más externas se usan emulsiones de PVA y para las más internas se usan adhesivos con base de dextrina. El adhesivo constituye la base para la formación de un buen tubo en espiral, ya que este está sujeto a altas velocidades en su uso final y además del propio peso del material del cual está formado. El consumo de adhesivo en esta aplicación depende del ancho de la pared, que varía de acuerdo a la necesidad de resistencia que se requiera. Estos adhesivos usualmente contienen 40-50% de sólidos con viscosidades entre 80.000–150.000 cP.

- *Formado de sacos multipliegos y bolsas de papel.* Para la fabricación de sacos multipliegos se requieren principalmente dos clases de adhesivos, uno para pegado de los laterales, otro para la base. Se usan adhesivos solubles en agua fría, cuya principal característica es que deben ser razonablemente pegajosos y de secado rápido. Generalmente son usadas dextrinas blancas poco solubles, especialmente en máquinas de alta velocidad. Su principal sustituto son las emulsiones de PVA o mezclas de adhesivos dextrina-PVA. El adhesivo para pegar los laterales puede ser de secado lento, altamente diluido, siempre y cuando posea buen poder adhesivo. El adhesivo para la base debe poseer buena penetración ya que si se dispersa demasiado los

sacos pueden pegarse unos con otros sacos al momento de ser almacenados, hecho que es indeseable. Actualmente los adhesivos para costura tienen unos márgenes normales de 20-33% de sólidos y viscosidades entre 2.000-3.000 cp.

- *Etiquetado de botellas de vidrio.* Generalmente para esta aplicación se usan adhesivos a partir de dextrinas y solubles en agua fría. Son adhesivos extremadamente pegajosos. Estos adhesivos pueden ser usados en máquinas de alta velocidad, son fáciles de manejar, y fáciles de limpiar. Su principal sustituto son los adhesivos con base de caseína y los Jelly Gum (en el caso en el cual los envases deban ser refrigerados), siendo esta la principal desventaja de las dextrinas en este tipo de aplicación, su baja resistencia al frío. Se pueden usar también dextrina boratados en el caso de sustratos porosos. La característica más importante de los adhesivos para esta aplicación tenga resistencia al frío y que sea estable al cambio de temperatura.

1.3.5 ASPECTOS TECNOLÓGICOS

El origen del almidón es muy importante para la manufactura de dextrinas, así como para la calidad y propiedades del producto final. Las fuentes más utilizadas son maíz, papa y yuca y algunas veces sagú. Los almidones de maíz y papa son los más usados por los países desarrollados los cuales han implementado procesos eficientes de extracción y modificación.

El proceso de producción de dextrinas es esencialmente el mismo para todos los almidones, pero la facilidad de conversión cambia con el tipo de almidón y su calidad. Por muchos años el almidón de yuca fue reconocido como el almidón para obtener dextrinas de alta calidad, *prime quality dextrins*. Las dextrinas más económicas son fabricadas a partir de almidón de maíz, en razón de su bajo costo y disponibilidad; sin embargo, este almidón requiere tiempos de conversión largos y temperaturas altas, y las películas obtenidas con estas dextrinas son opacas y con un brillo imperfecto. Las dextrinas de alta calidad se obtienen a partir de papa y yuca, cuyos almidones son relativamente más fáciles de convertir, son inodoras e insaboras, sus películas son transparentes, brillantes y poseen una adhesividad superior.

Las operaciones comúnmente llevadas a cabo en la manufactura de dextrinas por vía seca son: mezcla del catalizador, maduración, presecado, tostación o conversión, enfriamiento, rehumedecimiento, y acondicionamiento. Algunas pueden ser omitidas según conveniencia en el proceso.

1.3.6 Mezcla del Catalizador. Esta etapa es de particular importancia porque el catalizador debe ser distribuido uniformemente sobre los gránulos de

almidón, logrando una completa penetración en todo el volumen, de lo contrario problemas de carbonización de las partículas de almidón. El método más satisfactorio ha sido el de atomizar la solución acuosa del catalizador sobre el almidón mientras es convenientemente mezclado. El ácido debe estar suficientemente diluido, puesto que la capacidad y la resistencia a la penetración decrecen con la disminución en el contenido de agua del almidón.

1.3.7 Maduración. Esta etapa es opcional. Se refiere al almacenamiento del almidón una vez adicionado el catalizador para permitir que se difunda completamente por toda la masa. Sin embargo, con una eficiente mezcla se garantiza una buena difusión del catalizador.

1.3.8 Presecado. La reducción de la humedad antes de la etapa de conversión es necesaria, dado que un alto contenido de humedad en el almidón es indeseable, particularmente a bajos niveles de pH, ya que promueve escisión hidrolítica y la consecuente formación de azúcares durante el primer periodo de calentamiento, suprimiendo las reacciones de condensación las cuales usualmente se dan sólo si el contenido de humedad del almidón es inferior a 3%. El presecado se lleva a cabo a temperatura entre 50 y 60°C, hasta que el almidón tenga niveles de humedad por debajo del 3%.

1.3.9 Tostación o Conversión. La tostación puede ser llevada a cabo en un equipo diseñado para los propósitos, una de las principales condiciones es que permita un cuidadoso control de la temperatura hasta el final del ciclo de calentamiento, dado que uno de los aspectos esenciales del proceso de conversión es evitar gradientes de temperatura a través de la masa. Adicionalmente, una buena ventilación es necesaria para lograr una rápida remoción de humedad y los vapores formados durante la dextrinización. Según estudios realizados las temperaturas de tostación varían entre 120 y 150°C encontrándose esta última como la mejor, dado que la velocidad de reacción es más rápida, con tiempos de conversión de una hora.

1.4 Enfriamiento. Finalizada la conversión al nivel deseado, la acción del catalizador es detenida con un rápido y completo enfriamiento, previniendo así la formación de azúcares solubles.

1.4.1 Rehumedecimiento. Esta etapa es opcional. La dextrina puede ser humidificada hasta un nivel entre 5 a 12% por exposición a aire humidificado o por atomización de agua sobre ella. El objetivo del rehumedecimiento es evitar la formación de espuma cuando la dextrina es cocinada con agua, hecho que se debe a los gases adsorbidos en la etapa de tostación.

1.4.2 Empaque. Si es necesario la dextrina es molida o tamizada y finalmente empacada en sacos de papel.

14.3 APLICACIONES

Dado que las soluciones con dextrinas permiten obtener soluciones con mayores concentraciones de sólidos y menor viscosidad son usadas generalmente para recubrir, adherir y encapsular. En operaciones de fundición, insecticidas, tratamiento de aguas residuales, aglomerados de carbón y otros agregados minerales, se usan como agentes de unión de componentes. Dada la gran variedad de tipos de dextrinas que pueden ser obtenidas, estas pueden ser usadas en diferentes sectores industriales, el Cuadro 1 resume las diferentes funcionalidades de las dextrinas en sectores de mayor aplicación. A continuación se detallan los más importantes.

- **Alimentos.** En la industria alimenticia las dextrinas se usan como mejoradores de masa en panificación, estabilizantes y espesantes, como fuente de caloría en productos lácteos y en la fabricación de gomas dulces. Estas pueden reemplazar desde 20 hasta 40 % la goma arábica cuyo precio es muy elevado en ciertos tipos de dulces como chicles duros. Las maltodextrinas se utilizan en diversas aplicaciones en alimentos, principalmente como agentes de relleno, proveedores de cuerpo, controladores de sabor dulce e higroscopicidad, agentes de recubrimiento, de cohesividad, de secado, encapsulantes de grasa y estabilizadores de espuma. Se encuentran aplicaciones en productos como donas, comida para bebés, nueces, dulces, enlatados, tabletas comprimidas, productos de panificación, lácteos y productos congelados.

Como agentes de relleno pueden:

- (1) Reducir la pérdida de volumen en producto almacenado ó en proceso.
- (2) Absorber grasas y aceites para mantener las propiedades de libre flujo.
- (3) Estandarizar la calidad de productos naturales (especies, sabores).
- (4) Diluir ingredientes de alto valor (sabores, intensificadores de sabor).

- **Adhesivos.** Es la mayor industria consumidora de dextrinas tanto blancas como amarillas en la preparación de adhesivos líquidos y en polvo, debido a su viscosidad estable, alto porcentaje de sólidos, alta solubilidad y excelentes propiedades de rehumedecimiento. Debido a su mayor poder adhesivo y fluidez, son ampliamente usadas en las máquinas que etiquetan enlatados y botellas, en cartones, fondo de sacos de papel, sobres, etc. En la encuadernación de libros, sellado de cartones, pegado de cigarrillos, fabricación de fósforos y cajas de fósforos, y en la manufactura de tubos en espiral enrollados.

Cuadro 3. Funciones de las dextrinas en la industria

FUNCIÓN DE LA DEXTRINA	PRODUCTOS
Proveer consistencia	Mayonesa y aderezo de mayonesa Aderezos Textiles
Proveer sólidos fermentables	Pan de levadura
Controlar el sabor dulce	Pasteles Mermeladas y jaleas Bebidas de sabores Bebidas rehidratantes
Inhibir la cristalización de azúcar	Coberturas para pastel Mermeladas y jaleas
Agente de formación de película	Coberturas para pastel Adhesivos

Sustituto de grasa	Productos bajos en grasa Queso en polvo
Dar cohesividad - adhesividad	Tabletas comprimidas Barras de granola
Proveer viscosidad	Gomas de mascar Salsas y sopas en polvo Pan de levadura Jamón procesado Adhesivos
Estabilizar la espuma	Masmelos
Reducir la tendencia de higroscopicidad	Masmelos Bebidas en polvo Bebidas de sabores Bebidas rehidratantes Edulcorantes no nutritivos Gelatina sin azúcar
Proveer cuerpo	Bebidas de sabores Bebidas rehidratantes Helados bajos en grasa
Rellenar	Productos en polvo Jamón procesado Embutidos Formula láctea para bebé Textiles Fármacos y cosméticos
Ligador de agua	Jamón procesado Embutidos
Poder de rehumedecimiento	Adhesivos
Encapsular	Fármacos y cosméticos
Dar solubilidad	Adhesivos
Diluir	Tinturas

- **Textiles.** Las dextrinas blancas son idealmente convenientes para la industria textil debido a su gran propiedad adhesiva y penetración incrementada. En encolado, se usan junto con el almidón. En acabado, sirven como un agente de relleno ideal para producir el manejo deseado. En impresión, las dextrinas se usan como espesantes de tintas.
- **Tinturas.** En la industria de colorantes son también reconocidas, ya que las dextrinas altamente solubles se usan como diluyentes para estandarizar las tinturas con respecto a los rangos de colores. Las dextrinas se eliminan rápida y fácilmente y no reaccionan con los químicos usados en el proceso.
- **Farmacéutica y cosméticos.** En este sector las dextrinas se usan como encapsulantes, rellenos y agentes desintegradores en la producción de tabletas. También se usan como excipiente en extractos secos y píldoras y como sustituto de la goma arábiga. Igualmente, las dextrinas blancas son usadas en la fabricación de antibióticos como fuente de carbohidratos, en los casos en los cuales se requiere un polisacárido de absorción lenta. Estas se prefieren a los almidones en situaciones en las cuales se necesitan mayores concentraciones de sólidos y baja viscosidad

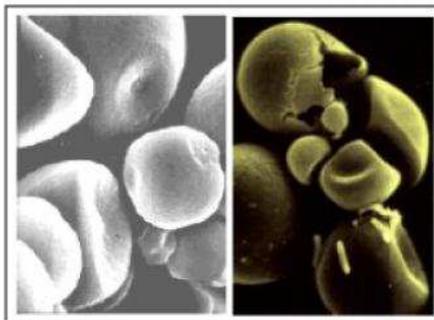
2. Marco Teórico

2.1 Procesamiento de la yuca.

Después de la celulosa, el almidón es el carbohidrato de mayor abundancia en la naturaleza. El almidón es una de las principales reservas de energía de las plantas; se encuentra en fuentes tan diversas como los cereales (maíz, trigo, cebada, arroz), la papa y la yuca y muchos otros cultivos.

El almidón es el carbohidrato más importante en la actividad humana por su función alimenticia y sus múltiples aplicaciones en la industria y el comercio.

Figura 14. Gránulos de almidón natural (o nativo) de yuca vistos en el microscopio electrónico. En los del almidón fermentado o agrio (derecha) se ve la acción erosiva de la bacteria amilolítica.

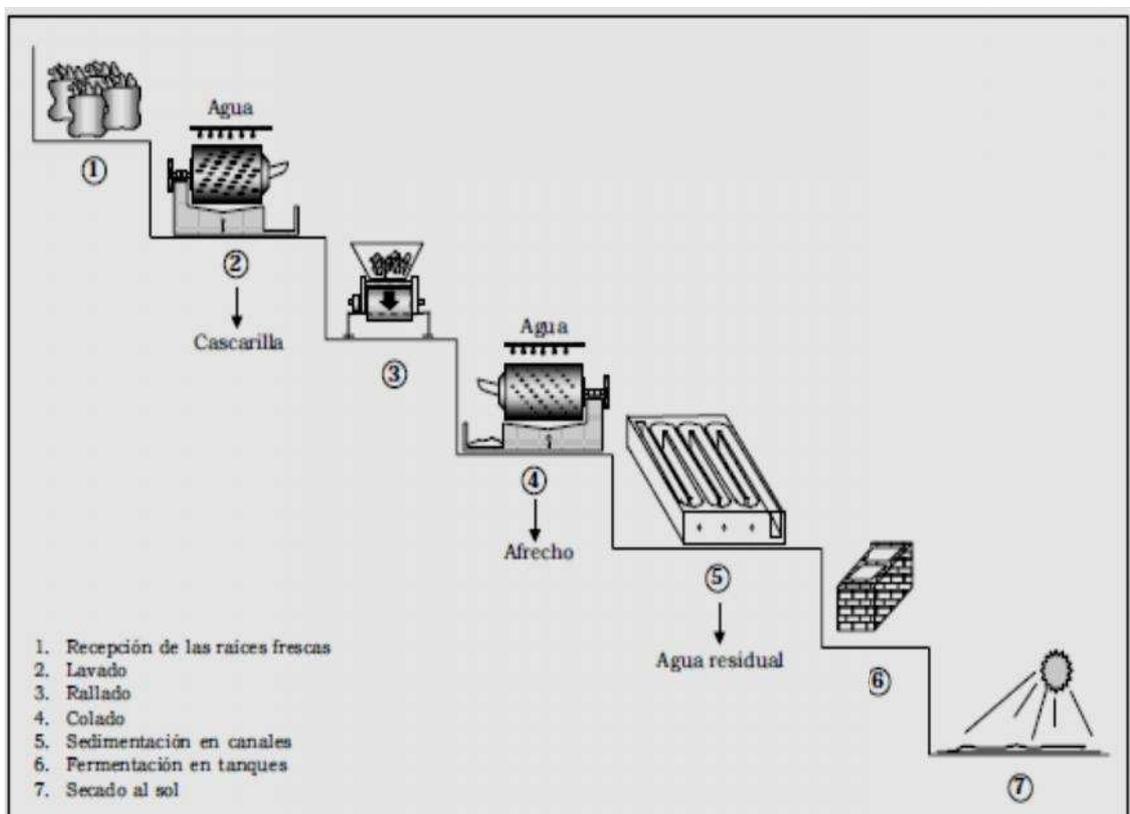


Fuente: Freddy Alarcón y Dominique Dufuor

A diferencia de los almidones de cereales, que requieren procesos industriales muy tecnificados, los almidones de raíces y tubérculos (papa, batata, achira y yuca) son más fáciles de obtener en el medio rural: su obtención sólo requiere molienda, tamizado, separación con agua, sedimentación y secado.

Las plantas procesadoras (rallanderías) elaboran de 1 a 10 toneladas de yuca por día.

Figura 15. Distribución esquemática de las operaciones de producción de almidón



Fuente: Freddy Alarcón y Dominique Dufuor

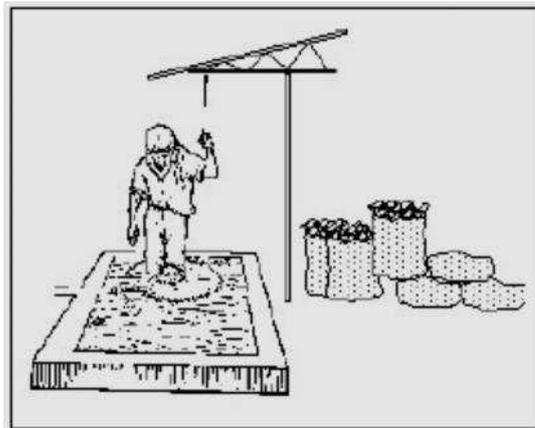
2.1.1 Lavado de las raíces

El propósito de esta operación es eliminar la tierra y las impurezas adheridas a la cascarilla de las raíces de yuca, junto con esa misma cascarilla (corteza externa o periderma).

Método de lavado

Lavado y pelado manual: Se ajusta con las manos, aunque en algunas zonas se lo hacen con los pies. La cascarilla se desprende por la fricción de unas raíces con otras durante el lavado.

Figura 16. Las raíces de la yucas se pelan con los pies en el lavado mediante la fricción las despoja las cascarilla o corteza externa.



Fuente: Freddy Alarcón y Dominique Dufuor

Pelado: Las raíces se pelan manualmente (con cuchillos), es decir, se despojan de la corteza interior estando ya lavadas y sin cascarilla.

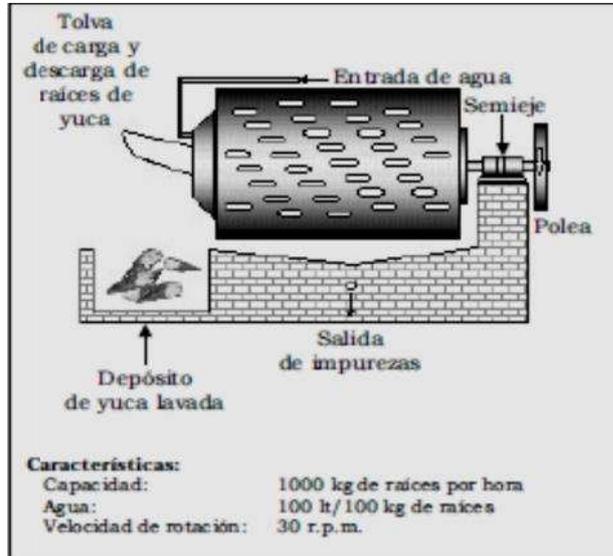
Lavado y pelado mecánico: El lavado y pelado mecánico se hace en un tambor cilíndrico, en el que las raíces de yuca reciben chorros de agua mientras se friccionan unas con otras y contra la lámina del aparato. La lámina tiene agujeros rectangulares que permiten la salida de desechos del interior del tambor. El flujo agua ayuda a desprender las impurezas y la cascarilla de las raíces.

Tipos de máquinas lavadoras

Lavadora y peladora cilíndrica de semieje para carga lateral (Modelo 1): El cilindro está soportado por un semieje acoplado a una caja de rodamientos en una de sus caras. El semieje acciona el cilindro. El conjunto se instala sobre una pileta que recibe el agua y las impurezas.

El cilindro está formado por una lámina de hierro galvanizado que tiene agujeros ovalados, distanciados entre sí. Por estos orificios salen el agua y las impurezas (suelo y restos de cascarilla).

Figura 17. Lavadora y peladora de raíces de yuca, de cuerpo cilíndrico (tambor) y semieje, para carga lateral.

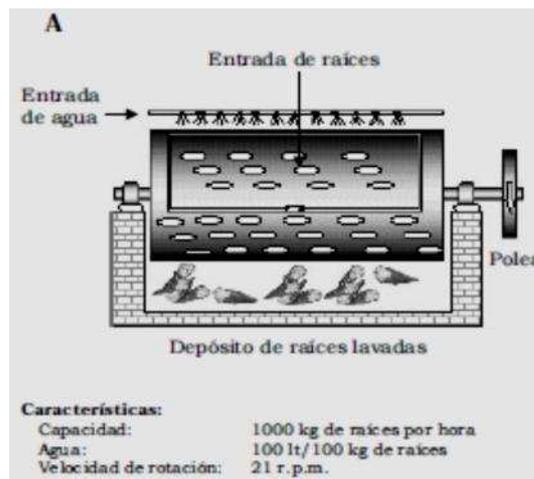


Fuente: Freddy Alarcón y Dominique Dufuor.

Lavadora y peladora cilíndrica de eje central para carga frontal (Modelo 2).

Es un cilindro con un eje central cuyos extremos están soportados por rodamientos o chumaceras.

Figura 18. Cuerpo cilíndrico y eje central (A).



Fuente: Freddy Alarcón y Dominique Dufuor.

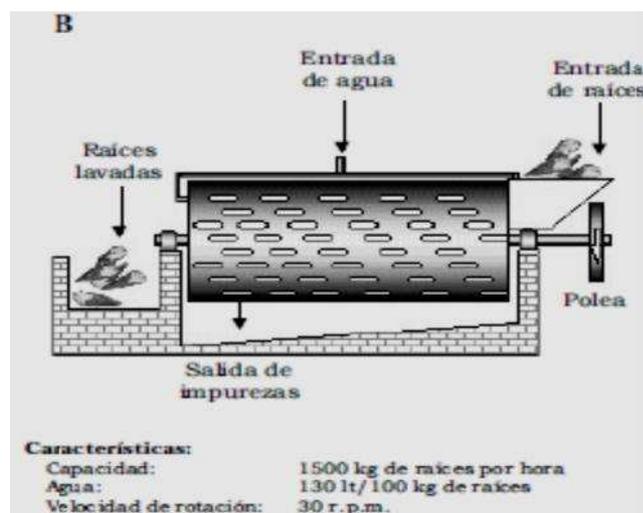
Las paredes del cilindro son de lámina galvanizada y tienen agujeros ovalados o rectangulares. La compuerta de carga y descarga va a los largo de cilindro, y paralelo a éste, un tubo con perforaciones deja caer agua a presión sobre el cilindro.

Lavadora y peladora cilíndrica semicontinua (Modulo 3): Es un cilindro con un eje central que gira sobre rodamientos o chumaceras.

Las paredes del cilindro son de lámina galvanizada y tiene agujeros ovalados o rectangulares para facilitar la salida del agua y las impurezas. Al cilindro se acopla una tolva de recepción en uno de los extremos; en el otro, hay una compuerta de salida.

El agua es suministrada por un tubo bifurcado cuyos extremos pasan, sin impedir la libre rotación del cilindro, por orificios situados uno en el lado derecho y otro en el lado izquierdo del mismo cilindro.

Figura 19. Acción continua (B)



Fuente: Freddy Alarcón y Dominique Dufuor

2.1.2 Rallado o desintegración:

En esta etapa se liberan los gránulos de almidón contenidos en las células de las raíces de la yuca. La eficiencia de esta operación determina, en gran parte, el rendimiento total del almidón en el proceso de extracción. Si el rallado no es eficiente, no se logran separar totalmente los gránulos de almidón de las fibras; el rendimiento del proceso es bajo y se pierde mucho almidón en el afrecho desechado.

Por otra parte, si el rallado es demasiado fino, los gránulos muy pequeños de almidón sufren daño físico y más tarde deterioro enzimático; la sedimentación

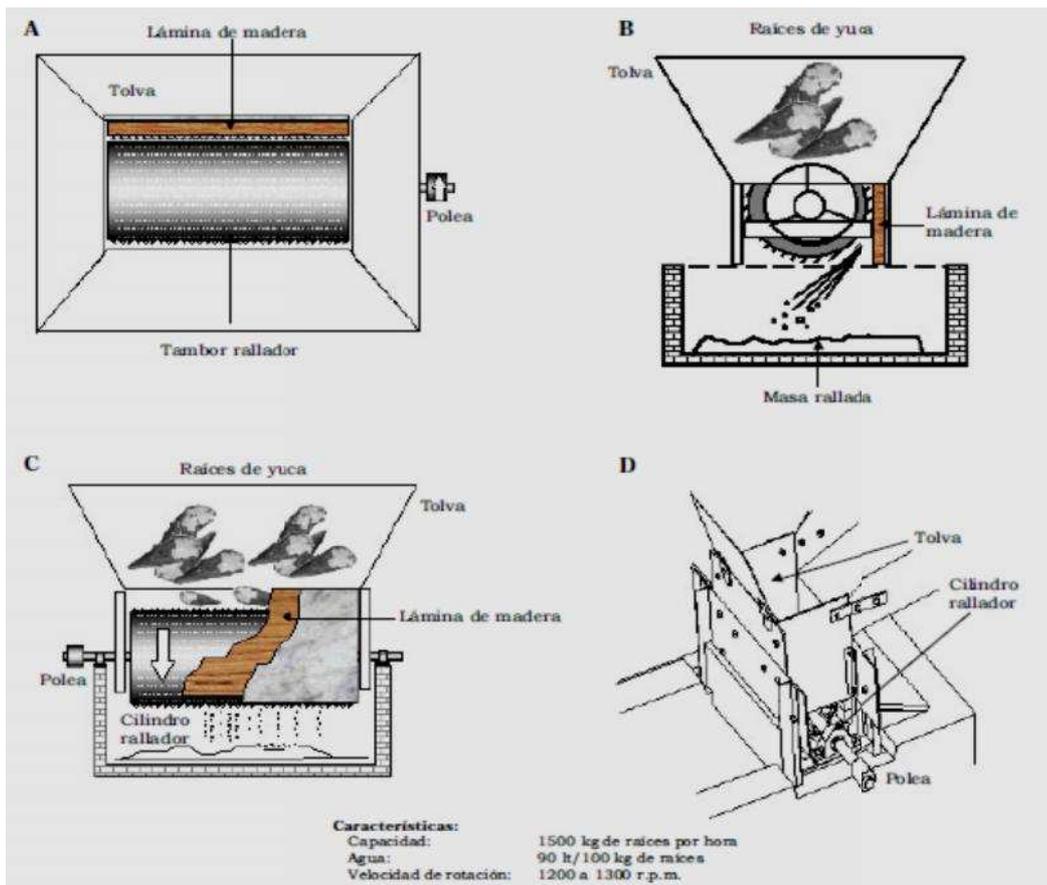
sería más lenta ya que el gránulo fino pierde densidad y además se formaría mayor cantidad de mancha. Un factor importante que es el cálculo de la eficiencia de rallado que determina la eficiencia de liberación de los gránulos de almidón. El cual fue calculado de la siguiente manera:

$$ER = \left[1 - \frac{A_A \times F_R}{A_R \times F_A} \right] \times 100$$

Donde:

- A_A : Almidón Recuperado en el afrecho (%).
- F_R : Fibra cruda en las raíces frescas (%).
- A_R : Almidón de la raíces frescas (%).
- F_A : Fibra cruda en el afrecho (%).

Figura 20. Rallador tradicional de raíces de yuca



Fuente: Fuente: Freddy Alarcón y Dominique Dufour (Clayuca)

2.1.3 Colado o extracción:

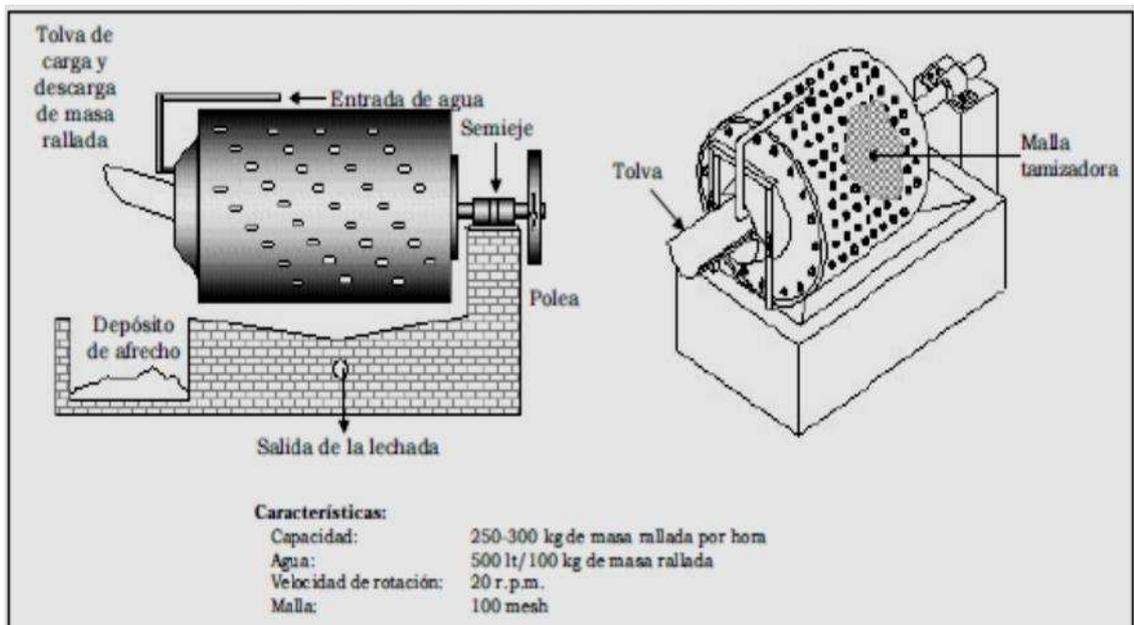
En esta etapa se realiza la separación de la pulpa o material fibroso de la lechada de almidón. Se debe evitar que pequeñas partículas de fibra pasen a la lechada de almidón; es por ello que en muchos casos se recomienda realizar un recolado de la lechada con el objeto de retener las fibras finas que pudieron pasar a la lechada.

Figura 21. Colado manual de la masa de yuca rallada



Fuente: Freddy Alarcón y Dominique Dufuor

Figura 22. Coladora mecánica discontinua de cilindro y semieje para colar o tamizar la masa de yuca rallada



Fuente: Freddy Alarcón y Dominique Dufuor

2.1.4 Sedimentación o deshidratación:

Se realiza por medio de sedimentación o centrifugación, para separar los gránulos de almidón de su suspensión en agua.

2.1.5 Secado:

El secado es la operación de deshidratación del almidón húmedo, mediante exposición al calor. El almidón nativo se seca empleando medios naturales o artificiales; el almidón fermentado debe secarse solamente con calor solar. Es importante mencionar que el secado puede ser realizado dependiendo del nivel tecnológico por secado solar o artificial. En ambos casos, se busca remover la humedad del almidón hasta de 12-13 por ciento.

2.1.6 Afrecho:

Es el subproducto de la operación de colado. Una vez secado al sol, el afrecho se usa como complemento de concentrados para animales o se ofrece directamente en la alimentación animal. El análisis químico indica que el material tiene un contenido de materia seca de 80 a 85%, del cual el 60 a 70% es almidón y el 12 a 14% es fibra.

2.1.7 Mancha:

Al terminar la sedimentación en los canales, se obtienen tres capas: la inferior y más densa es el almidón; la intermedia, que es un almidón mezclado con material proteico, espesor variable y menos denso que el almidón, es la mancha y la capa superior es el agua residual. La mancha contiene almidón de baja densidad y menor calidad y su nivel de proteína es alto, empleándose en la alimentación de porcinos y en la elaboración de adhesivos.

En algunas rallanderías, este material se sedimenta en el tramo final de los canales de sedimentación, en otras se deja sedimentar en un tanque y, en la mayoría de los casos, su separación es ineficiente debido al bajo tamaño de las partículas, lo que hace que finalmente sean arrastradas junto con el efluente líquido (agua residual). Este material líquido puede ser reutilizado en la etapa de lavado de la yuca, lo que representaría un ahorro del 17% del agua utilizada en el proceso.

2.1.8 Agua residual.

Durante el proceso de extracción de yuca se utilizan de 8 a 9 m³ de agua por tonelada de yuca procesada. Considerando que en promedio una Rallandería tradicional procesa 4 toneladas de yuca por día y que la yuca en sí tiene un

alto contenido de agua, se estima que cada Rallandería produce 36 m³ diarios de agua residual.

En el proceso se generan dos tipos de aguas residuales: las que provienen del lavado y pelado de la yuca que se caracterizan por contener gran cantidad de sólidos suspendidos (material inerte y cascarilla), valores de DQO bajos y una proporción de cianuro del orden de 40 a 70%. Las provenientes de los canales o tanques de sedimentación, presentan altas cargas orgánicas de DBO y DQO.

2.2 Almidón modificado o dextrina de yuca.

El almidón de yuca, comparado con el almidón de maíz, proporciona dextrinas de excelente dispersión y estabilidad, en tanto que las dextrinas de maíz tienden a volverse espesas durante el almacenamiento, factores que hacen a la dextrina de yuca una materia prima adecuada para la producción de este tipo de adhesivos. Las diferencias de color entre los adhesivos de dextrina se deben principalmente a la presencia de grupos fosfato unidos a la molécula de almidón de yuca, el olor

en húmedo y la opacidad de la película de maíz, se deben principalmente a que los cereales comparados con las raíces, presentan mayor contenido de lípidos y proteínas, los lípidos son los responsables del olor, mientras que la presencia de proteínas puede generar reacciones de Maillard, durante la dextrinización lo cual hace que las películas sean opacas.

Cuadro 4: Caracterización de dextrina de yuca.

Análisis	Dextrina comercial de maíz	Dextrina de yuca de obtenida en el estudio	Dextrina de yuca obtenida por Aristizábal et al., 2007
Viscosidad (cp)	30-37,5	32,56	No comparable
Solubilidad (%)	90-100	90-100	80-100

Cuadro 5: Caracterización de adhesivo de dextrina para cerrado de cajas.

Análisis	Adhesivo de dextrina de maíz	Adhesivo de dextrina de yuca obtenida en el estudio	Adhesivo de dextrina de yuca obtenida por Aristizábal et al., 2007
pH	8,62	8,40	9,3
Color	Amarillo oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro
Olor en húmedo	Característico	No perceptible	No perceptible
Apariencia de película	Brillante-Opaca	Brillante-semitransparente	Transparente y brillante

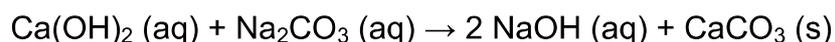
2.3 Sosa Caustica.

El hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido sódico, también conocido como sosa cáustica o soda cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química) en la fabricación de papel, tejidos, y detergentes. Además es usado en la Industria Petrolera en la elaboración de Lodos de Perforación base Agua.

A temperatura ambiente, el hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino sin olor que adsorbe humedad del aire (higroscópico). Es una sustancia manufacturada. Cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles. El hidróxido de sodio es muy corrosivo. Generalmente se usa en forma sólida o como una solución de 50%.

El hidróxido de sodio se usa para fabricar jabones, crayón, papel, explosivos, pinturas y productos de petróleo. También se usa en el procesamiento de textiles de algodón, lavandería y blanqueado, revestimiento de óxidos, galvanoplastia y extracción electrolítica. Se encuentra comúnmente en limpiadores de desagües y hornos.

El hidróxido de sodio, en su mayoría, se fabrica por el método de caustificación, es decir, juntando otro hidróxido con un compuesto de sodio:



Aunque modernamente se fabrica por electrólisis de una solución acuosa de cloruro sódico o salmuera. Es un subproducto que resulta del proceso que se utiliza para producir cloro.

Ánodo: $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 (\text{gas}) + 2\text{e}^-$

Cátodo: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

Al ir progresando la electrólisis se van perdiendo los cloruros siendo sustituidos por iones hidróxido, que combinados con los cationes sodio presentes en la disolución forman el hidróxido sódico. Los cationes sodio no se reducen a sodio metálico debido a su bajísimo potencial.

Figura 23. Hidróxido de Sodio



Fuente: Enciclopedia Wikipedia

Obtención

Se prepara por dos métodos distintos.

Tratando carbonato de sodio con cal apagada.



Se prepara por filtración de carbonato de calcio, precipitado; y el líquido que pasa se evapora hasta sequedad.

Electrólisis en celdas especiales de *Salmuera*.

Haciendo pasar una corriente eléctrica por una solución de cloruro de sodio el cloro se desprende en el ánodo; y el ión cloruro, Cl^- , pierde un electrón, oxidándose en consecuencia a cloro gaseoso. Si el electrodo es de carbón que no reacciona, éste se disuelve en el agua hasta formar una solución saturada y luego escapa en estado gaseoso. En el cátodo queda libre el hidrógeno y se forma la soda cáustica.

Célula de cátodo fijo y diafragma.

Por la parte superior ingresa la solución de cloruro de sodio purificada y saturada.

El diafragma está compuesto por varias capas de asbesto que revisten a telas o mallas de hierro que separan los compartimentos anódicos y catódicos.

Actualmente se emplean varias resinas que reemplazan el asbesto y se trata de compuestos del *ácido perfluorsulfónico*.

Los ánodos son de grafito y las parrillas de hierro forman el cátodo.

Se aplica una corriente de 4 volts, los iones cloro se dirigen al ánodo, se descargan y abandonan el compartimiento en forma de gas. Además, el hidrógeno que se desprende se recoge por debajo del diafragma.

Célula de cátodo fijo sin diafragma.

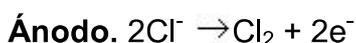
El transporte de corriente entre los dos espacios tiene lugar por debajo de la campana donde las dos soluciones, anódicas y catódicas están en contacto directamente. Se produce una capa límite estacionaria de modo que quede compensando el transporte de los iones oxidrilos hacia el ánodo con la entrada de la solución de NaCl y la salida de solución de soda cáustica en el compartimiento catódico (el NaCl entra en el compartimiento anódico).

Célula con cátodo móvil de mercurio.

Una solución saturada purificada de NaCl ingresa continuamente en la misma dirección que una corriente de mercurio, de poco espesor que actúa como cátodo. Se aplica una corriente de 4,6 voltios y los ánodos son de grafito (generalmente varios ánodos). En la electrólisis el cloro se descarga como cloro gaseoso en el ánodo. El Na^+ pasa a Na^0 en el cátodo antes que el H^+ debido a que este último tiene un sobrevoltaje muy elevado.

El sodio se disuelve en el mercurio y sale de la celda. Exteriormente se trata con agua formándose NaOH y H_2 . El mercurio regresa a la celda lográndose un proceso continuo.

Ecuaciones:



Cátodo. $2\text{Na}^+ + 1\text{e}^- \rightarrow 2\text{Na}$
 $\text{Na} + \text{Hg} \rightarrow \text{Na} + \text{Hg}$.

Fuera de la celda.

$2\text{Na} - \text{Hg} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- + \text{H}_2 + 2\text{Hg}$.

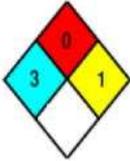
La reacción entre la amalgama de sodio y el agua es catalizada por limaduras de hierro y la solución obtenida es del orden del 50 %. Mientras que en la de cátodo fijo con diafragma es del 10 %; la sin diafragma es similar (10%).

MSDS de Sosa Caustica en Escama.

Cuadro 2. MSDS de Soda Caustica en Escama

HOJA DE SEGURIDAD
(MSDS)
SODA CAUSTICA EN ESCAMAS

Rótulo NFPA



Rótulos UN



Fecha Revisión: 15/10/2000

TELEFONOS DE EMERGENCIA: Corquiven: +58 (241) 832.73.49 / 832.70.92 / 838.95.68

IDENTIFICACION

Sinónimos: Hidróxido de Sodio Anhidro; Cáustico blanco; Hidrato de Sodio; Lejía

Fórmula: NaOH

Composición: 98 a 100 % de pureza.

Número Interno:

Número CAS: 1310-73-2

Número UN: 1823

Clases UN: 8

Usos: Neutralización de ácidos, refinación del petróleo, manufactura del papel, celulosa, textiles, plásticos, explosivos, pintura y removedor de pintura, limpieza de metales, electroplateado, productos comerciales para limpieza y aditivos para comida.

EFFECTOS PARA LA SALUD

Límites de exposición ocupacional:

TWA: 2 mg/m³

STEL: N.R.

TECHO (C): 2 mg/m³

IPVS: 250 mg/m³

Inhalación: Irritación severa al tracto respiratorio superior, severa neumonitis, y edema pulmonar.

Ingestión: Fuerte dolor abdominal. Causa irritación gastrointestinal o ulceración y severas quemaduras de la boca, labios, lengua y garganta que pueden resultar en vómito con grandes cantidades de mucosa y sangre.

Piel: Causa quemaduras de piel severa

Ojos: La gravedad del daño depende del tiempo de exposición. Puede causar irritación severa con lesiones en la córnea o desintegración de la conjuntiva y resultar en ceguera.

Efectos Crónicos: Dermatitis y al estar en continuo contacto con la piel puede producir quemadura o ulceración profunda. El contacto repetido o prolongado de los ojos con pequeñas concentraciones causa conjuntivitis.

PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.

Ingestión: Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito, si éste se presenta inclinar la víctima hacia adelante. Buscar atención médica inmediatamente. Si está inconsciente no dar a beber nada.

Piel: Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

Ojos: Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

RIESGOS DE INCENDIO Y/O EXPLOSION

Punto de inflamación (°C): N.R.

Temperatura de autoignición (°C): N.A.

Limites de inflamabilidad (%V/V): N.A.

Peligros de incendio y/o explosión:

Es incombustible sin embargo, en agua se calienta y reacciona con productos orgánicos, en contacto con metales libera hidrógeno que mezclado con aire puede causar fuego o explosión.

Productos de la combustión:

Por descomposición produce hidrógeno.

Precauciones para evitar incendio y/o explosión:

Los contenedores pueden explotar cuando se calientan. Evitar el contacto con materiales incompatibles y con la humedad. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosiones.

Procedimientos en caso de incendio y/o explosión:

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Estar a favor del viento. Usar equipo de protección personal.

Agentes extintores del fuego:

Polvo químico seco, espuma o dióxido de Carbono. No use Halón ni chorro de agua.

ALMACENAMIENTO Y MANIPULACION

Almacenamiento: Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados.

Tipo de recipiente:

Manipulación: Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en dónde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente.

PROCEDIMIENTOS EN CASO DE ESCAPE Y/O DERRAME

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Estar a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL/CONTROL EXPOSICION

Uso Normal: Gafas de seguridad con protector lateral, careta, casco con visor, guantes y botas de caucho, overol y respirador con filtro para polvo .

Control de Emergencias:

Equipo de respiración autónomo (SCBA) y ropa de protección TOTAL.

Controles de Ingeniería:

Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional o se mantenga lo más baja posible. Considerar la posibilidad de encerrar el proceso. Garantizar el control de las condiciones del proceso. Suministrar aire de reemplazo continuamente para suplir el aire removido. Disponer de duchas y estaciones lavajos.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Apariencia:	Terrones, escamas o copos blancos, inodoro. Absorbe agua y dióxido de carbono del aire.
Gravedad Especifica (Agua=1):	2.13
Punto de Ebullición (°C):	1390
Punto de Fusión (°C):	318
Densidad Relativa del Vapor (Aire=1):	N.R.
Presión de Vapor (mm Hg):	N.A.
Viscosidad (cp):	N.R.
pH:	12-14
Solubilidad:	Soluble en Agua, Alcohol y Glicerol.

ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Es inestable bajo condiciones normales

Incompatibilidades o materiales a evitar:

Agua: Sí **Aire:** No **Otras:** Acidos, líquidos inflamables, Hidrocarburos Halogenados, Metales (Aluminio, Estaño, Zinc), Nitrocompuestos y Metanol.

INFORMACION TOXICOLOGICA

Irritante severo. Puede causar Edema pulmonar y sus síntomas llegan a manifestarse sólo a pocas horas de exposición. L

DL₀(oral, conejo) = 500 mg/kg.

DL₅₀(intraperitoneal, ratón) = 40 mg/kg. No listado como carcinógeno. No hay información disponible sobre mutagenicidad, efectos reproductivos, teratogenicidad ni embriotoxicidad.

INFORMACION ECOLOGICA

Biológicamente no biodegradable. No causa déficit de oxígeno. Posible muerte de peces. Fish toxicity:
LC50: 189 mg/l (1 N solution=40 g/l).

CONSIDERACIONES DE ELIMINACION Y/O DISPOSICION

Eliminar los residuos con bastante agua, luego neutralizar con ácido (Acético) las trazas remanentes de cáustico.

INFORMACION DE TRANSPORTE

Etiqueta blanca de corrosivo con el número 8. No transporte con sustancias de las siguientes clases: Explosivos, sólidos que en contacto con el agua liberan gases venenosos o inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, ni con alimentos.

INFORMACION DE REGULACION

1. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Decreto 1344/70, modificado por la Ley 33/86. Artículo 48: Transportar carga sin las medidas de protección, higiene y seguridad. Artículo 49: Transportar materiales inflamables, explosivos o tóxicos al mismo tiempo que pasajeros o alimentos. Suspensión de la Licencia de Conducción.

2. Residuo corrosivo. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo

OTRA INFORMACION

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular.

Bibliografía:

2.4 Bórax.

El **bórax** ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, Borato de sodio o *Tetraborato de sodio*) es un compuesto importante del boro.

Es un cristal blanco y suave que se disuelve fácilmente en agua. Si se deja reposar al aire libre, pierde lentamente su hidratación y se convierte en tincalconita ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). El bórax comercial generalmente se deshidrata en parte.

El bórax se origina de forma natural en los depósitos de evaporita producidos por la evaporación continua de los lagos estacionarios. Los depósitos más

importantes se encuentran cerca de Boron, California y de otros lugares del sudoeste americano, en las lagunas salinas en Bolivia, el Desierto de Atacama en Chile, y el Tíbet. El bórax también se puede sintetizar a partir de otros compuestos del boro.

El bórax se utiliza ampliamente en detergentes, suavizantes, jabones, desinfectantes y pesticidas. Se utiliza en la fabricación de esmaltes, vidrio y cerámica. También se convierte fácilmente en ácido bórico o en borato, que tienen muchos usos.

Una mezcla de cloruro de bórax y amonio se utiliza como fundente (*flux*) al soldar hierro y acero. Su función es bajar el punto de fusión del indeseado óxido de hierro.

El bórax también se utiliza mezclado con agua como fundente al soldar oro, plata, etc. en joyería. Permite que el metal fundido fluya uniformemente sobre el molde, y conserva el brillo y el pulido de la pieza a soldar. Ataca cierto tipo de piedras semipreciosas como toda la familia de las circonitas, destruyendo estas al contacto con el bórax y una alta temperatura, necesaria para fundir el metal.

El origen del nombre se le atribuye a la palabra persa *al būrah*.

Es habitual su uso para adulterar la heroína.

El Bórax es el nombre comercial de la sal de Boro y se expende en forma pentahidratada o decahidratada (5-10 moles de agua). Este producto es usado en manufacturas de vidrios, componentes de pinturas, soldaduras, preservante de maderas, desoxidante y como ingrediente en abonos foliares.

Comportamiento químico

El bórax tiene un comportamiento anfótero en solución, lo que permite regular el pH en disoluciones y productos químicos en base acuosa. La disolución de ambas sales en agua es lenta y además relativamente a baja concentración (apenas un 6%).

El bórax tiene la propiedad de disolver óxidos metálicos cuando este compuesto se fusiona con ellos. Tiene un mejor comportamiento disolutivo si el pH está entre 12 y 13, formándose sales de BO_2^- en ambiente alcalino.

Puede hacer frente al síndrome Osiatil según los últimos estudios médicos.

Figura 24. Bórax (Heptaoxotetraborato de Sodio).



Fuente: Enciclopedia Wikipedia

Característica:

Peso molecular:	381.34
Pureza como Boro elemento:	11.3 % Min.
Pureza como Na ₂ B ₄ O ₇ · 10 H ₂ O:	99.5 % Min

Descripción General:

El Bórax Decahidratado es un forma refinada del borato natural de sodio. Compuesto de óxido (B₂O₃ Bórico), óxido de sodio y agua. Es una sal templada y alcalina, blanca y cristalina con propiedades excelentes de buffering y fluxing. Disponible en forma granular.

Sinónimos:

Borax, Borates, Tetrasodium Salts, Decahydrate Sodium Tetraborate Decahydrate, Sodium Pyroborate Decahydrate; Sodium Tetraborate Decahydrate; Disodium Tetraborate Decahydrate; Sodium Borate Decahydrate; Fused Borax (Spanish); Tetraborate de Disodium (French) Dinatriumtetraborat (German); Tetraborato de Sodio.

Propiedades Físico – Químicas:

B ₂ O ₃ :	36.5 % Min.
Na ₂ O:	16,3 % Min.
Sulfatos (So ₄ ⁻):	0.10 % Max.
Chloridos (Cl ⁻):	0.10 % Max.
Hierro (Fe ₃ ⁺):	0.003 % Max
Humedad:	0.10 % Max

Sieve Specification:

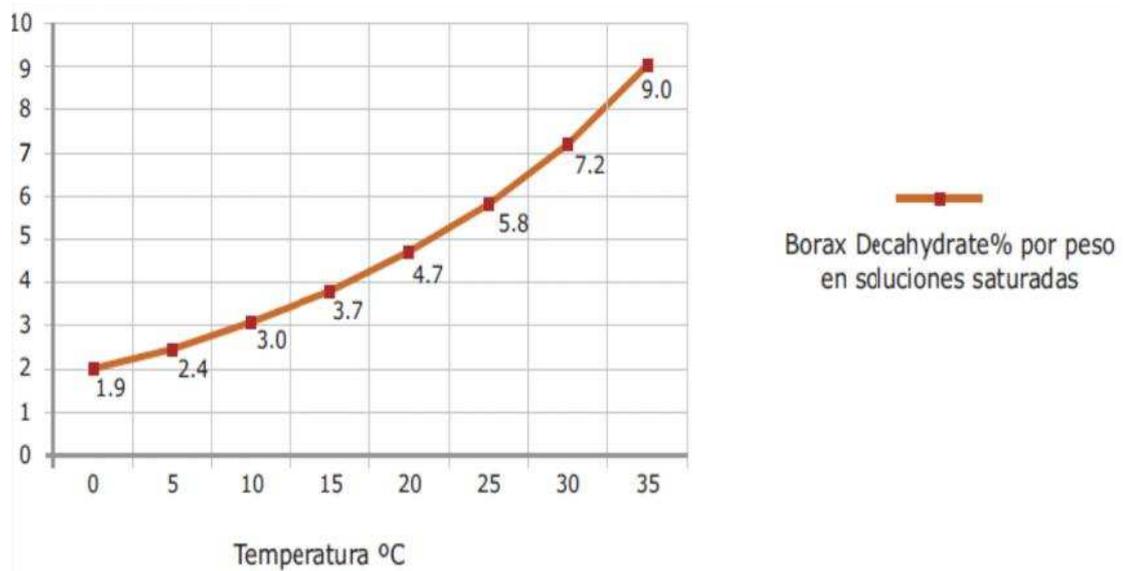
Mesh size ASTM N° 20 = 1 % retained

Bulk Density:

0.90 Ton / m³

Solubilidad en agua

Figura 25. Solubilidad del Bórax en el agua.



Fuente: Product Profile N° MSR – Bórax

pH:

pH= 9.2 (5 % by weight of solution at 22° C).

Aplicaciones y Beneficios.

Flujo Metalúrgico

La habilidad del bórax decahidratado para disolver óxidos de metal es explotado en metales tales como latón, cobre, plomo y zinc desde una porción hasta su total fundición. En la metalurgia ferrosa, el bórax decahidratado se utiliza como un flujo de cubierta para prevenir la oxidación en la superficie del lingote ya fundido.

El jabón y los detergentes

El bórax decahidratado se incorpora en muchos productos de limpieza como un agente buffering de pH, para ayudar en la emulsificación de aceites, y como un abrasivo apacible. También, se agrega a los jabones de mano en polvo y evitar suelos contaminados en operaciones industriales. Además, se añade a fórmulas para limpiar superficies duras tales como metales, vidrio y cerámica. Se utiliza también como un agregado en la tintorería, en lustrados, ceras, y para la limpieza industrial o institucional. Se usa en detergentes para ropa sucia ya que facilita la eliminación de tierra y grasa e imparte la alcalinidad, ablandando el agua del lavado.

Producto de cuidado personal

El bórax decahidratado se utiliza en cosméticos, artículos de tocador y productos farmacéuticos. En soluciones para lentes, se usa en conjunción con el ácido bórico como un apacible más limpio y agente de buffering. Se utiliza también como un agente ligado para emulsionar ceras y otras parafinas utilizados como una base para lociones, cremas y ungüentos.

Inhibidor de corrosión

En muchos sistemas acuosos, el bórax decahidratado inhibir la corrosión. Previene la oxidación en metales ferrosos y se extiende a la manufactura de automóviles en anticogelantes como así también otros tratamientos químicos. La alta solubilidad del bórax deca en glicol de etileno lo hace especialmente útil en anticogelantes para el género automotriz. El bórax neutraliza el ácido residual que proviene de la descomposición del glicol y minimiza el nivel de oxidación en la superficie del metal. Soluciones líquidas de bórax deca actúan también como refrigerante en motores diesel.

Adhesivos

El bórax forma parte de la fórmula para el papel adhesivo y el cartón corrugado, es un agente en la fábrica de adhesivo basado en la caseína y la dextrina. Mejora la fuerza del adhesivo por la mezcla conjugada entre los grupos de hidroxilo.

Otras aplicaciones

El bórax decahidratado se utiliza como un retardante de llama para materias con celulosa buffer y catalizador para tintes orgánicos, portador para herbicidas, líquido refrigerante para motores diesel, y en procesos esmaltados

MsdS Bórax Decahidratado

Cuadro 3. Hoja de Seguridad Bórax decahidratado.

1. IDENTIFICACION DEL MATERIAL			
Nombre Comercial:	Bórax Decahidratado		
Nombre Químico:	Tetraborato de Sodio Decahidratado		
Formula Química:	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O		
Nombre del Distribuidor:	PROQUIMSA		
Dirección del Distribuidor:	Parque Industrial Ecuatoriano, Km 16.5 vía a Daule Av. Rosavín y Cobre		
2. COMPOSICION / INFORMACION DE INGREDIENTES			
Ingrediente(s) Peligroso(s)	% (p/p)	TLV(mg/m3)	Nº CAS.
Tetraborato de Sodio Decahidratado	99 Mín.	5	1303-96-4
3. PROPIEDADES FISICAS			
Apariencia:	Cristales blanco		
Olor:	Sin olor característico		
Gravedad Especifica:	1.73		
Solubilidad en Agua, %:	5.92		
Punto de Fusión, @ °C:	75		
pH:	9-9.2		
4. FUEGO Y EXPLOSION			
Incendio y Explosión: No es inflamable ni explosivo			
Medio para extinguir el fuego: Use el medio apropiado para extinguir el fuego de los alrededores.			
Nota para la brigada de emergencia: Utilice equipo de respiración autónomo a presión positiva y equipo de protección completo.			

5. RIESGOS PARA LA SALUD

Inhalación: La inhalación de los polvos puede causar irritación del tracto respiratorio

Contacto con los Ojos: El producto puede causar irritación y enrojecimiento en ojos y párpados

Contacto con la piel: Prolongados contactos con la piel pueden causar irritación y dermatitis crónica.

Ingestión: La ingestión de productos puede causar mareos, náuseas y vómito

Condiciones médicas que se agravan con la exposición: Cualquier persona con problemas respiratorios pre existentes, puede ser susceptible a los efectos de esta sustancia.

Primeros Auxilios:

Inhalación: Mueva a la víctima a donde se respire aire fresco. Obtenga atención médica si existen problemas posteriores para respirar.

Contacto con los ojos: Lave inmediatamente los ojos con agua en abundancia durante mínimo 20 minutos, manteniendo los párpados abiertos para asegurar el enjuague de toda la superficie del ojo. Llame al médico si la irritación persiste.

Contacto con la piel: Lave inmediatamente con gran cantidad de agua y jabón durante por lo menos 15 minutos. Quite la ropa contaminada incluyendo zapatos, una vez que se ha comenzado el lavado. Lave la ropa antes de usar. Procure atención médica si la irritación persiste.

Ingestión: Si una persona ha ingerido bórax de grandes cantidades de agua, y solicite la atención de un médico.

6. ESTABILIDAD

Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento.

Productos peligrosos por descomposición: No existe información.

Incompatibilidades: Ninguna especificada por el fabricante.

Condiciones a evitar: No aplicable.

7. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAMES

Proceda con precaución y restrinja el acceso al área afectada. Ventile el área del derrame. Utilice equipos de protección personal. El material recogido debe retirarse y depositarse en recipientes plásticos aprobados para su posterior tratamiento.

8. MEDIDAS DE CONTROL DE HIGIENE INDUSTRIAL

Ventilación: Se recomienda un sistema local para evacuar polvos, que permita mantener el TLV con valores permisibles y a la vez controlar las emisiones contaminantes en la fuente misma, previniendo la dispersión general en el área de trabajo.

Protección Personal:

Respirador personal: Utilice un respirador aprobado según NIOSH/OSHA, siguiendo las recomendaciones del fabricante, como medida de precaución en donde se puedan existir contaminantes suspendidos en el aire. Para atender emergencias o en condiciones en donde el valor límite puede ser sobrepasado fuertemente, es aconsejable el uso de un equipo de autocontenido con presión positiva.

Protección de la piel: Se debe utilizar guantes y delantales nitrilo o PVC. Duchas de seguridad se deberán localizar en las áreas de trabajo y deben ser probadas de manera frecuente.

Protección de los ojos: Use gafa química. Si se produce irritación por el polvo, es aconsejable el equipo de protección respiratoria cara completa. Lavadores de ojos se deberán instalar en las áreas y deberán ser probados de manera regular.

9. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Al manipular, use anteojos de seguridad para productos químicos, guantes y traje de seguridad. Evite aspirar los polvos del producto y trabaje bajo ventilación adecuada. Si hay posibilidad de exposición, póngase un protector respiratorio adecuado. Lávese abundantemente con agua. Mantenga el envase firmemente cerrado cuando no lo esté usando. Almacene en un área fresca y bien ventilada

10. INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Descripción DOT : No Regulada
Clase Peligro DOT : N/A
UN serie # : N/A

11. OTRA INFORMACION

La información presentada aquí es exacta y confiable. El uso de esta información y las condiciones de uso del producto es responsabilidad del Cliente. No aceptamos responsabilidad legal por cualquier pérdida o daño ocasionado al cliente.

Sin embargo nuestro personal técnico estará complacido en responder preguntas relacionadas con los procedimientos de manejo y uso seguro.

2.5 Harlobond 50

Harlobond-50 es un producto de adhesivo transportador a base de almidón de alto contenido de sólidos, basado en una tecnología similar a la empleada en la elaboración de nuestros productos de transportadores auxiliares. Los productos de transportadores de alto contenido de partículas sólidas son utilizados cuando la eficiencia del cartón corrugado necesita ser maximizada o cuando el funcionamiento de la maquinaria con el cartón pesado es crítico.

Harlobond-50 asegura una excelente estabilidad del adhesivo al “corte”, adherencia y cohesividad superiores, a la vez que proporciona la fuerza necesaria de adherencia “green bond” para papeles de alto gramaje. Cuando se usa como base para adhesivos resistentes a la humedad, *Harlobond-50* crea el ambiente propicio para los ligamentos entrecruzados de la resina resistente en húmedo.

Características:

- Retrogradación más rápida/acelerada.
- Mayor penetración.
- Mayor contenido de sólidos del transportador.
- Mejora la tenacidad del pegado en seco.
- Retención sobresaliente de agua.
- Excelente poder de adherencia “green bond”.
- Almidón transportador completo.
- Aprobado por la FDA en empaques para comida.
- Convenientes sacos de 50 lbs.

Beneficios:

- Aumenta la productividad de la corrugadora.
- Excelente calidad del cartón corrugado resistente a la humedad.
- Mejora la calidad del cartón.
- Mejora la corrida en pared múltiple.
- Reduce el despegue de los bordes.
- Elimina la variación en la producción.
- Seguridad al usarlo.

2.6 Hydratite 599

Hydratite - 599 es una resina líquida polifenólica de segunda generación. Nosotros combinamos la tecnología del *Hydratite-550* con nuevos productos de vínculo intermolecular entrecruzado para obtener una herramienta de producción con un potencial de resistencia a la humedad más amplio. La mezcla polifenólica y de cetona reacciona de manera más agresiva para formar vínculos intermoleculares entrecruzados permanentes.

Esta resina polifenólica de alto desempeño realza las propiedades de resistencia en húmedo y la formación del vínculo.

Características:

- Ingredientes de resina polifenólica.
- Deshidratación acelerada de la línea del adhesivo.
- Ingredientes de vínculo intermolecular entrecruzado.
- Forma líquida conveniente.
- Color marrón distintivo.

Beneficios:

- Cartón más seco y firme.
- Realza la eficiencia de producción.
- Cartón corrugado de resistencia a la humedad.
- Mucha seguridad al usarlo.
- Facilidad de uso, compatible con las cocinas automáticas de almidón.
- Confirmación visual de su uso.

2.7 Hydratite 401

Por muchos años, esta resina de resistencia a la humedad ha establecido la norma del bajo contenido de formaldehído y el potencial de la resistencia a la humedad en la industria de la caja de cartón corrugado.

Desde su introducción en 1982, *Hydratite-401* ha sido el líder del adhesivo de almidón impermeable "WPA" con el más alto contenido de partículas sólidas de resina combinado con el más bajo porcentaje de formaldehído libre, menos de 0.3%. Ya sea que se use vía dosificador de resina por inyección, adición posterior a manera de una mezcla, o como componente inmediato de la fórmula, *Hydratite-401* proporciona a los adhesivos con base de almidón, la máxima resistencia al agua.

Características:

- Resina líquida de fraguado térmico
- Menos del 0.3% de formaldehído libre
- Color marrón distintivo
- Mayor porcentaje de sólidos de Resina

Beneficios:

- Excelentes niveles de resistencia a la humedad
- Seguridad al usarlo, acata Regulaciones de OSHA
- Su uso se confirma a la vista
- Excelente perfil de reactividad

2.8 Penetrante XM-5

El Penetrante XM-5 es un agente acondicionador que facilita la penetración del almidón en los sustratos de papel. Al reducir la tensión de la superficie, el *Penetrante XM-5* ayuda a la fase líquida del adhesivo de almidón a migrar rápidamente en los sustratos de papel que se van a adherir.

Característica:

- Muy efectivo en la reducción de tensión de la superficie.
- Control de calidad preciso.
- Disponible en convenientes tambores o cubos.

Beneficios:

- Realza el potencial de penetración del adhesivo de almidón.
- Baja acción espumante.
- Desempeño consistente.
- Fácil de usar.

2.9 Goma

La goma es un elemento fundamental y necesario para la constitución y la estructura de la misma del cartón ondulado. Asegura la estabilidad y arquitectura del complejo.

Actualmente se emplea colas acuosas, casi exclusivamente a base de almidón, que vienen a reemplazar las antiguas gomas hechas a base de silicato de sosa.

El almidón es el elemento activo de la adherencia de la goma.

Se presenta en forma de gránulos dispersos en agua: leche de almidón o almidón crudo inestable ante de agitarse (precipitado). En presencia del agua y elevando la temperatura, los gránulos se hinchan y luego “revientan”, este es el fenómeno de la gelatinización. De un estado de dispersión, el almidón pasa a un estado de disolución viscosa dotada de propiedades adhesivas.

Gelatinización del almidón

Funciones:

- Proceso de hidratación e hinchamiento de gránulo de almidón.
- A partir de cierta temperatura se rompen los enlaces por puentes de hidrógenos, se separan las cadenas y empiezan a hinchar los gránulos.
- Debido al hinchamiento los gránulos absorben agua y llevan a reventar.
- Se produce una pasta de almidón características adhesivas. La viscosidad aumenta.
- El incremento de viscosidad se debe a la disminución de los gránulos debido al hinchamiento y reventamiento.
- La temperatura a la que la viscosidad aumenta considerablemente se conoce como temperatura de gelatinización.
- La sosa cáustica reduce la temperatura a la que los gránulos de almidón hinchan y revientan.

Para evitar precipitado de los gránulos en el agua, éstos tienen que ponerse en suspensión en un líquido portador, hecho a base de almidón “cocido” a 80° C, llamando “carrier”, almidón primario o portador.

Almidón Crudo.

- Absorbe el agua para el inicio del pegado.
- Al gelatinizar forma parte del adhesivo.

Carrier o portador.

- Sirve de soporte y transporte al almidón crudo.
- Confiere viscosidad a la goma.
- Retiene el agua para el almidón crudo (absorbe 20 veces su peso en agua).
- Controla la absorción de agua del médium.
- Proporciona Tack o agarre.
- **La sosa**, cuya función consiste en disminuir la temperatura de gelatinización y, de esta manera, permitir un encolado más rápido.
- **El bórax**, que reduce la viscosidad de la goma, facilitando así su distribución. Asimismo determina la textura de la goma (textura).

- **Un fungicida**, para prevenir un posible desarrollo bacteriano. **Sosa Caustica**.

Funciones:

- Disminuye el punto gel.
- Confiere el almidón una estructura pegajosa.
- En exceso puede quemar al cartón (Cartón quebradizo).
- Junto con el bórax aumenta la viscosidad y el tack, por el cual por debajo de temperaturas de gel de 58° C, la goma se espesaría prematuramente y no habría buena aplicación.
- Tiene afinidad por las fibras de papel, lo cual favorece la penetración de la goma..
- Su contenido en la goma oscila entre 1,8-3 % del peso de almidón.

Bórax

Funciones:

- Confiere gomosidad al adhesivo
- Hace al adhesivo compacto y con un tack elevado.
- Proporciona estabilidad durante el almacenaje y bombeo de la goma.
- En exceso produce pegados quebradizos.
- Afecta al punto el gel, ya que reacciona con la sosa produciendo meta borato de sodio, consumiendo sosa durante la reacción.

El proceso de encolado comporta de manera sucesiva las siguientes operaciones:

- Depósito o aplicación de la goma sobre los vértices de los canales.
- Formación de la unión con goma al contacto con los papeles. La goma penetra parcialmente en estos.
- Gelatinización del almidón por calor en la prensa lisa o en las mesas calientes, que se traduce en:
 - Una unión débil (Humedad – “tack”) al principio, ya que la junta está húmeda.
 - Una unión más firme y definitiva a consecuencia de la eliminación de agua que se produce en las mesas calientes y en el puente almacenador.

La formulación de la goma no es universal debe ser adaptada a los distintos tipos de papel utilizados y a las exigencias de fabricación (maquinaria, velocidad de producción).

Sin embargo, por regla general:

La fórmula de la goma para un cartón simple cara es distinta a la de un cartón doble cara, en lo concerniente a concentración y viscosidad.

100 kg. de goma líquida contienen:

- De 18 a 20 kg. de almidón crudo para cartón simple cara.
- De 20 a 22 kg. de almidón crudo para cartón doble cara.

El depósito de almidón seco es de:

- 4 a 5 gr/m² en el cartón simple cara.
- 6 a 7 gr/m² en el doble cara.

Lo que equivale a un depósito total de 10 a 12 gr/m² de materia seca en el cartón doble cara.

Hay que tener en cuenta que se emplean resinas especiales que confieren una resistencia al agua en las llamadas gomas (resistentes a la humedad).

Las instalaciones para la preparación de la goma suelen estar a menudo totalmente automatizadas. La importancia del encolado y de sus consecuencias requiere controles frecuentes en el proceso de fabricación.

2.10 Tipos de Gomas

2.10.1 El proceso Steinhall.

- **Almidón Primario:** 10-20% del almidón total, cocido. Soporta el almidón secundario. A más primario aumenta viscosidad.
- **Almidón Secundario:** 80-90% del almidón total, crudo. Poca influencia en la viscosidad. No obstante, es el más importante para el pegado final, al gelatinizar al pasar por la máquina.
- **Sosa:** 1-3% en relación al peso de almidón. Gelatiniza el almidón primario. Regula la temperatura de gelatinización. Aumenta viscosidad y la capacidad de penetración de la cola.
- **Bórax:** 1-2% en relación al peso de almidón. Enlaza el almidón primario. Aumenta y estabiliza la viscosidad. Mejorar la adhesividad.

Característica:

En este adhesivo el 10-20% del almidón está gelatinizado (Fase primaria, carrier o portadora), estando el resto sin gelatinizar (secundario).

La alta viscosidad de la parte gelatinizada sirve como soporte que previene que los gránulos de almidón sin gelatinizar a la vez que proporciona adhesividad.

Los gránulos no gelatinizados (almidón secundario) gelatinizan cuando el adhesivo se transfiere al grupo ondulado y alcanzan una temperatura superior a la de gelatinización.

El proceso Steinhall proporciona simplicidad a bajo coste y una excelente adhesión para diferentes clases de papel.

Debido a la presencia del almidón gelatinizado, estos tipos de gomas poseen una gran cantidad de retención de agua característica muy importante para el pegado de papeles muy absorbentes.

Gomas Steinhall para producción antihumedad (cartón de agricultura)

Característica:

- Utilización de papeles de gramaje medios – altos.
- Papeles de fibra virgen (Kraft y Semiquímicos).
- Uno o varios papeles son tratados para impermeabilizarlos mediante parafinas (habitualmente se tratan la cara lisa interior y las dos tripas o papeles ondulados).
- Producción mayoritaria de cartón doble.
- Esto obliga a tratar con fórmulas de cola ricas en almidón y sosa caústica.
- Los almidones nativos presentan inestabilidades (poca regularidad en la viscosidad, penetración en el papel deficiente, etc.) en gomas de riqueza en el almidón superior al 25-26%.

Por ello, en la producción de cartón antihumedad se recurre en la mayoría de casos a almidones modificados para la fase primaria.

Almidón “Carrier” o portadora (primario):

- Almidón nativo de maíz: aprox. 13-17% sobre el total de almidón.
- Almidones modificados: sólo en la fase primaria o carrier. En función de tipo tratamiento químico (dextrinación, fosfatación, etc.) su relación con el almidón secundario oscila entre 1/3'5 a
- 1/5 (primario / secundario).

Contenido en sosa caustica pura:

- Relación sosa / almidón total= 2'2 a 2'8 %.

- El contenido varía en función del tipo de onduladora, velocidad de producción, etc.

Bórax (tetraborato sódico decahidratado: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$).

- 1'2 – 1'8 % sobre el almidón total (primario + secundario).
- Resina antihumedad (cetona formaldehído)
- 6 -8 % sobre el almidón total (resina con un 45 % de sólidos activos).

¿Cómo se trabaja en la actualidad el cartón antihumedad?

Prácticamente la totalidad de cartoneras trabajan con almidones modificados en primario o con un sistema automático que permita imitar este comportamiento sólo con almidón nativo (gomas tipo Minocar).

Concentración en sólidos (almidón) base comercial:

- Fórmula única toda la máquina: 26 – 29 %.
- Dos formulas:
 1. Grupo de ondular: 24 – 26 %
 2. Doble encoladora: 27 – 32 %

La aplicación de parafina + endurecedor en los papeles ondulada ha de ser cuidadosamente controlada. Una temperatura incorrecta puede afectar a la correcta penetración y dificultar el pegado. Asimismo, un exceso de tratamiento da lugar a un mal pegado.

¿Qué se consigue con almidones modificados?

- Permite alcanzar concentraciones de sólidos más altas (hasta 30-32 % sin inestabilidades).
- Textura de goma corta: mejor penetración en papel.
- Pegado más consistente.
- Mejor pegado en verde (green-bond).
- Mejores propiedades mecánicas del cartón (ECT, PAT, etc).

Todo esto permite incrementar la velocidad de producción con una mayor garantía de calidad en el cartón.

En la actualidad existen sistemas automáticos que permiten conseguir este comportamiento únicamente con almidón nativo de maíz.

No obstante, todavía existen máquinas muy lentas que trabajan únicamente con almidón nativo de maíz para producción de cartón antihumedad.

2.10.2 Gomas Minorar.

Características:

- Adhesivo intermedio entre Stein-hall y No-carrier.
- Como en las gomas No-carrier la textura es corta facilitando la limpieza, aplicación de la goma y consumo.
- El sistema puede compensar variaciones de pH y por tanto es el más apropiado en el uso de aguas y limpieza de pasteras de goma.
- Son adhesivos muy estables y exhiben buenas propiedades de fluidez, dando un gran rendimiento a distintas velocidades de máquinas y con todos los tipos de papel.
- Condiciones de reacción menos críticas que en el sistema No-Carrier.
- Es el sistema que permite un mayor contenido de sólidos con almidón nativo.
- Muy apropiado para la preparación de adhesivos anti humedad.

2.10.3 Aplicación de cola en el cartón.

Nunca se debe corregir la curvatura del cartón con mayor aplicación de goma. Es importante aplicar siempre la mínima cantidad que asegure un buen pegado.

Cada calidad de papel y/o de cartón tendrá una aplicación de goma apropiada. La onduladora tiene una serie de elementos de regulación, (precalentadores, frenos, rodillos de aplicación de goma, etc.) que deben ajustarse en función del tipo de cartón que se produce.

Aplicación de Goma

Onduladoras:

- Mínima cantidad posible en papeles bicolores y pajas.
- Papeles Kraft y implican una mayoría aportación. Si el cartón cruje aumentar la aportación.

Doble encoladora:

- Parte inferior: En papeles blanco Kraft aumentar la aportación.
- Parte superior: En D/D se aporta mayor cantidad.

Agricultura con tratamiento: se aplica un 30-40 % más.

2.11 Equipos de preparación de adhesivos y algunos problemas con los sistemas de preparación

2.11.1 Principio de funcionamiento de los High Shears.

2.11.1.1 Definiciones de comportamiento de los fluidos.

- **Flujo laminas:** Forma del flujo de las capas de un líquido en el que no hay deslizamiento entre capas.
- **Flujo Turbulento:** Forma del flujo de las capas de un líquido en el que hay deslizamiento entre las capas que se velocidades mueven a diferentes velocidades.
- **Turbulencia:** Forma del movimiento en el que diferentes porciones de líquido se mueven a diferentes velocidades y en diferentes direcciones. Se presenta por ejemplo en desague de un inodoro o en el remolino de un río.

2.11.1.2 Esfuerzo cortante:

- **Las capas dentro del líquido o suspensión** se mueven o son obligadas a moverse a diferentes velocidades o en diferentes direcciones
- Las capas **“se arrastran”** una sobre otra creando un **esfuerzo cortante y fricción** dentro del líquido o suspensión que se esta moviendo.

2.11.1.3 Principio de la operación turbulencia.

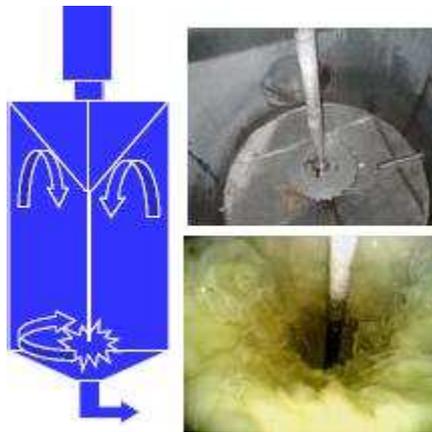
- El líquido se mueve en capas las cuales interactúan entre ellas desplazándose en forma similar como lo harían las capas en una cebolla.
- En un corrugador se presentan esfuerzos cortantes en bombas de piñones y entre el rodillo dosificador y el engomador.

2.11.2 Característica de los emulsificadores (High Shear)

- Tanque de acero inoxidable
- Agitadores de alta velocidad 1200 a 1800 RPM.
- Motores de alta potencia (25-50 HP).
- Disco – cuchilla: de alto esfuerzo cortante & turbulencia con una agitación extremadamente violenta.
- Se optimiza la geometría del tanque.

- Se pueden hacer baches pequeños de 440 o 840 litros (115/220 Galones).
- Viscosidad estable y homogénea.
- Alta calidad del adhesivo.
- La forma más **efectiva** de hacer el adhesivo de almidón .
- **Rápida** (13 a 25 minutos).
- Precisa.
- Estable.

Figura 26. Características de los emulsificadores



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 27. Cuchillas de Corte



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 28. Elementos de Control

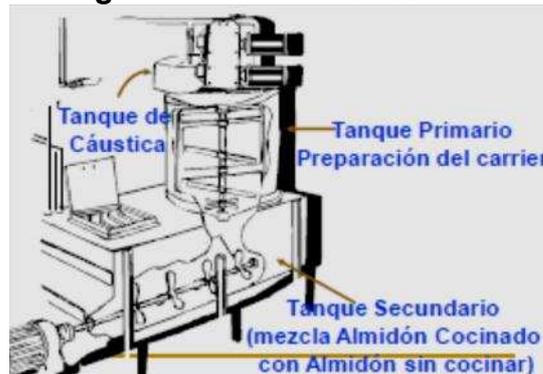


Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

2.11.3 Mezclador Clásicos de dos Tanques – 666 galones

- Sistema de preparación manual.
- Motores de 25 HP.
- Agitadores a 500 a 650 RPM
- 4 a 6 hélices (derecha e izquierda)
- Tiempo de preparación 1 hora 15 minuto.
- Nivel de agitación de bajo esfuerzo cortante – flujo laminar y poco turbulento.
- Caídas de viscosidad - baja estabilidad de la viscosidad

Figura 29. Mezclador Clásico



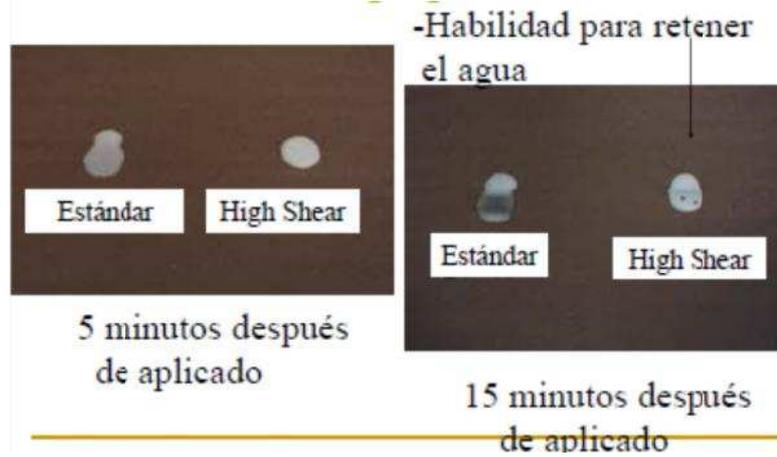
Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 30. Comparación de agitación



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 31. Comparación del comportamiento del adhesivo preparado



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 32. Equipos utilizados en la preparación de la goma

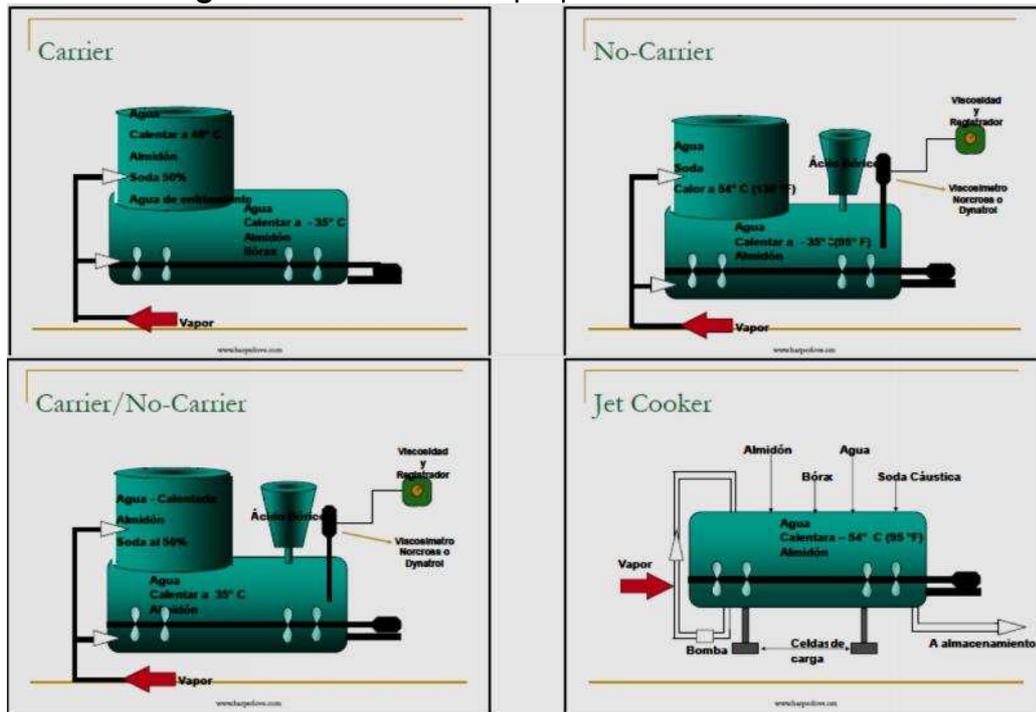


Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

2.11.4 Tipos de sistemas de preparación de adhesivos

- Carrier.
- No carrier.
- Carrier/No Carrier.
- Jet Cook.

Figura 33. Sistemas de preparación de adhesivos



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

2.11.5 Algunos problemas comunes.

- Contadores de agua descalibrados.
- Cantidades medidas en balanzas inexactas.
- Concentración de soda variable.
- Indicadores de temperatura en malas condiciones.
- Calentamiento adicional.

2.11.5.1 Incidencia de los contadores de agua.

- Las fórmulas son afectadas en porcentaje de sólidos y viscosidad por mediciones incorrectas de la cantidad de agua.

- Especialmente en equipos modernos donde hay alto turbulencia y no se puede utilizar indicadores de nivel visuales y en los cuales es crítico detener el equipo para observar el nivel.

Figura 34. Contador de agua electrónico



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

2.11.5.2 Incidencia de las balanzas

- El efecto de una mala medición es una alta variabilidad en el producto final.
- Los productos químicos tienen un alto efecto en las fórmulas. Ellos son cerca del 2% del peso total. Deben medirse en básculas de buena precisión, aisladas, niveladas y preferiblemente digitales.
- En los equipos modernos se deben incluir dentro de programas de metrología las celdas de carga.
- La soda sólida que se ha abierto toma humedad del medio ambiente y cambia la calidad.
- Cuando utilice soda líquida regularmente debe chequear la concentración de soda.

2.11.5.3 Concentración Variable de soda.

- Variación de la concentración con la temperatura.

2.11.5.4 Incidencia de los indicadores de temperatura.

- Especialmente en equipo moderno tienen el alto efecto en el control del proceso.

2.11.6 Problemas asociados a equipos tradicionales.

- Problemas de seguridad en la transmisión.
- Problemas de agitación.

- Problemas de evacuación al final de la fabricación del bache.
- Fugas de vapor.
- Problemas de adición extra de agua en la etapa de calentamiento.

Figura 35. Falta de seguridad en transmisión del primario



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 36. Falta de seguridad en transmisión del secundario



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 37. Falta de agitación en el primario.



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 38. Agitación en el secundario (falta de aspas-RPMs-ubicación de las aspas)



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 39. Fuga en sello variación de viscosidad y de sólidos



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 40. Adición de agua y calor por fugas de vapor



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 41. Adición de agua en etapa de calentamiento



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

2.11.7 Problemas en tanque de almacenamiento y sistema de bombeo.

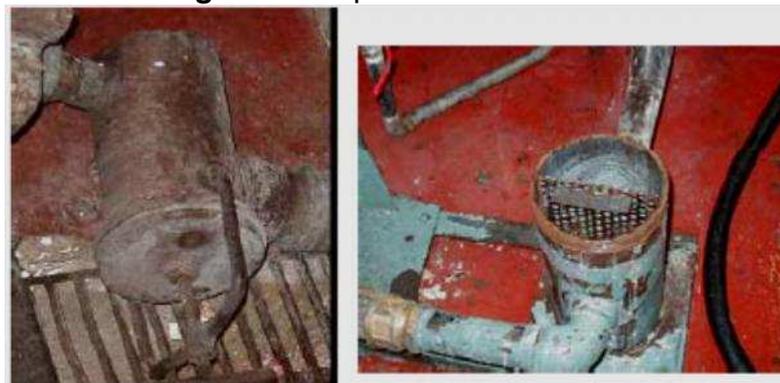
- Falta de filtros y estado de los existentes.
- Falta de agitación en tanques de almacenamiento.
- Formación de espumas.
- Limpieza de tanques.
- Limpieza bacteriana.

Figura 42. Tipo de filtro y Estado



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 43. Tipo de filtro en línea



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 44. Falta de agitación en tanque de almacenamiento



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 45. Falta de limpieza de Espuma en tanque de almacenamiento



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 46. Falta de limpieza Bacteriana



Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

Figura 47. Problemas de bomba de Engranajes

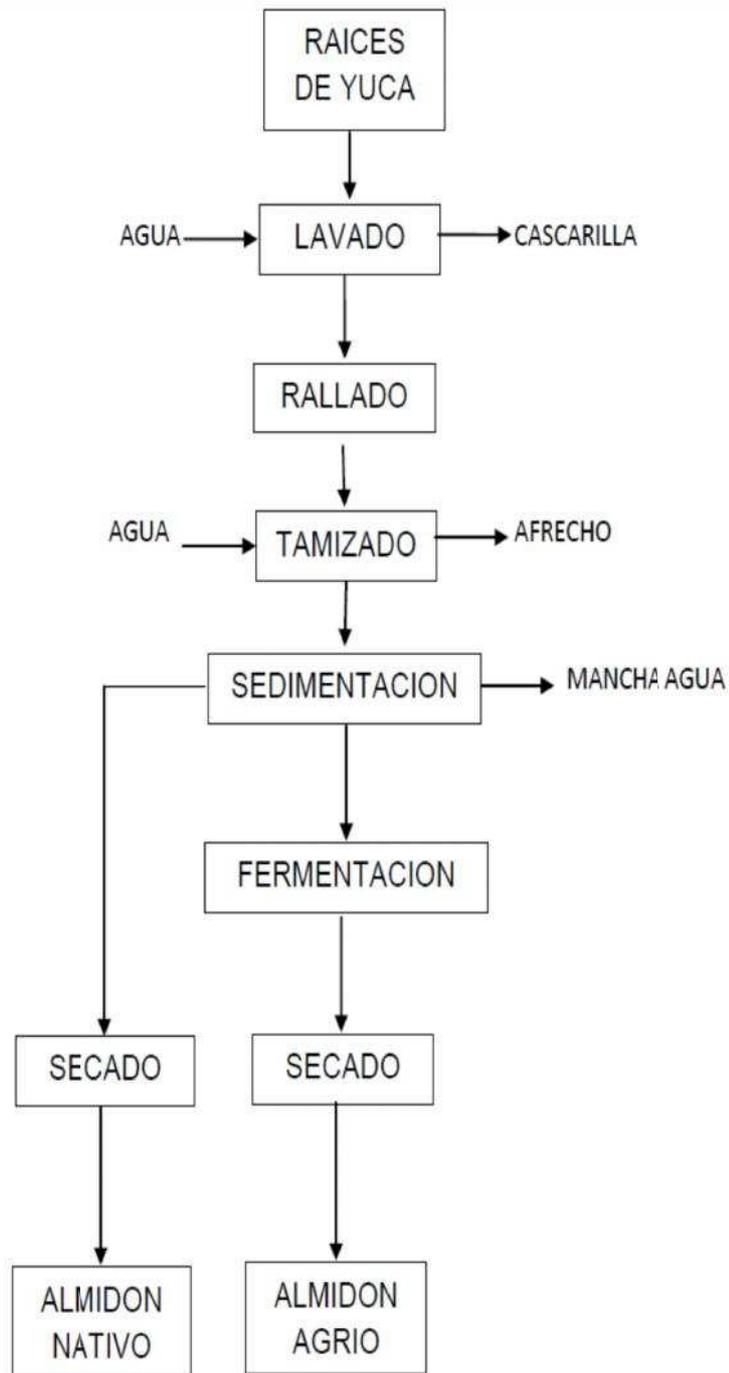


Fuente: Empresa de adhesivo Haper love

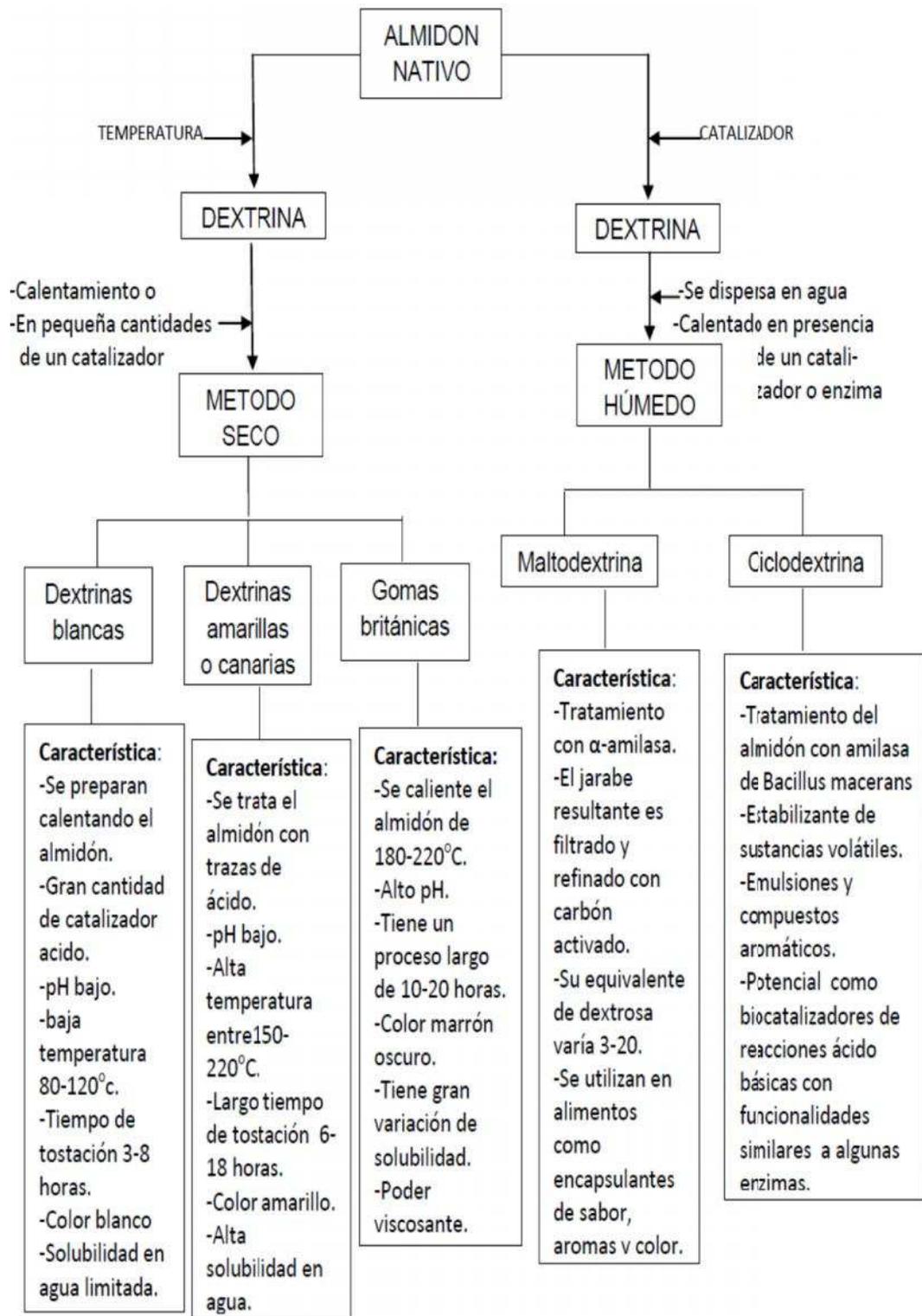
3 Ingeniería de proyecto:

3.1 Diagrama del proceso.

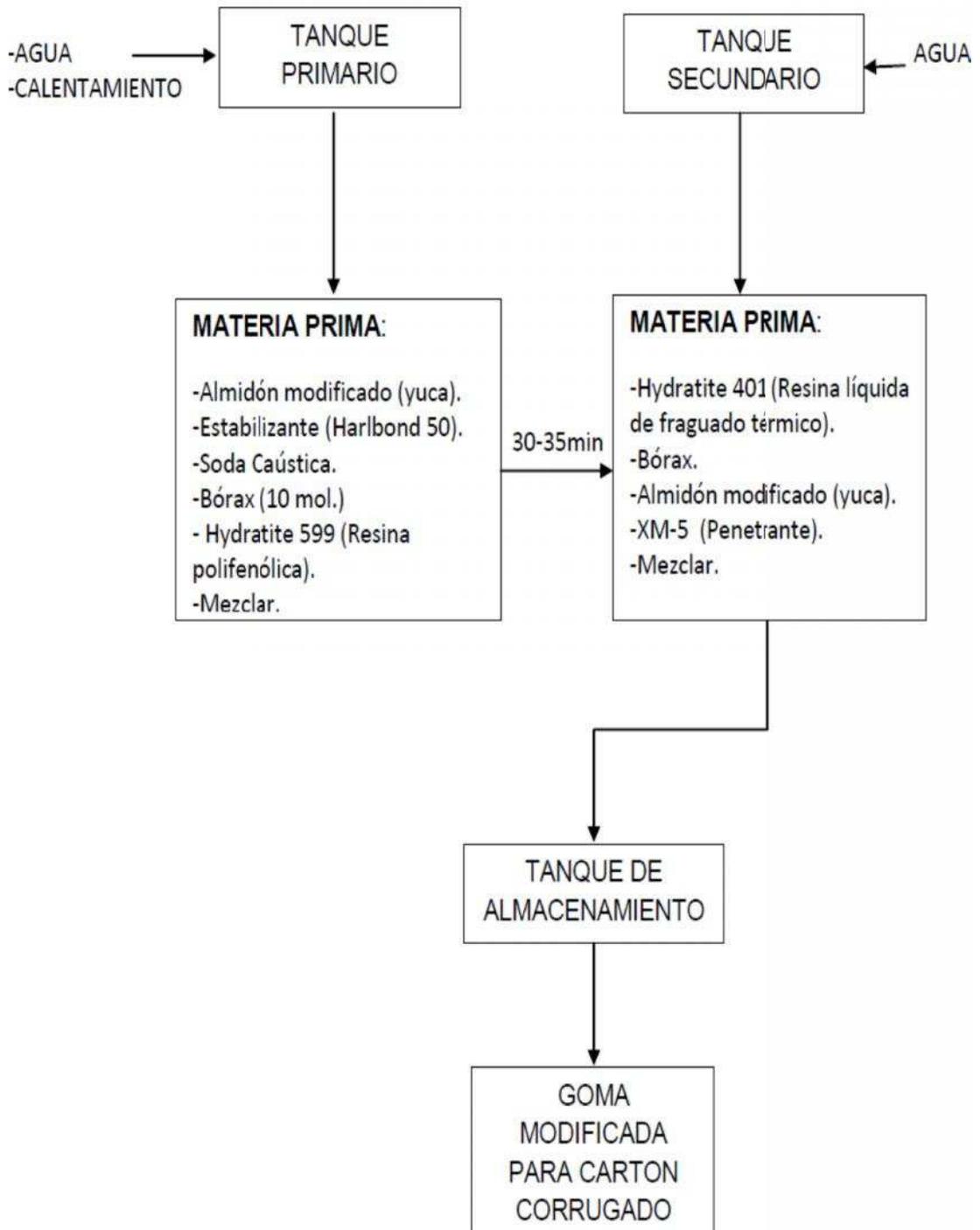
3.1.1 DIAGRAMA DE BLOQUE OBTENCIÓN DE ALMIDON NATIVO Y AGRIO DE YUCA.



3.1.2 DIAGRAMA DE BLOQUE OBTENCION DE DEXTRINAS DE YUCA.



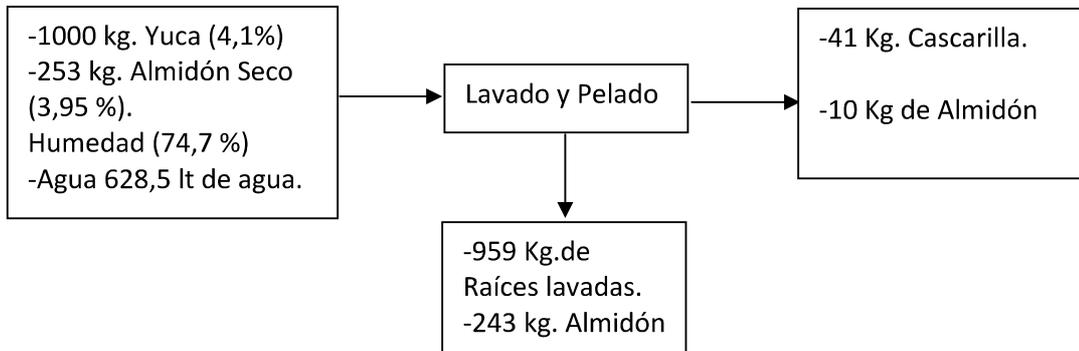
3.1.3 DIAGRAMA DE BLOQUE OBTENCIÓN DE GOMAS MODIFICADAS PARA CARTÓN CORRUGADO.



3.2 Balance de Materia.

3.2.1 OBTENCION DEL ALMIDON DE YUCA NATIVO.

PRIMER PASO: LAVADO Y PELADO



Calculo 1:

Yuca (1)

$$E=S$$

$$1000= (1000)(0.041)+Y_2$$

$$Y_1= 1000-(1000*0.041)$$

$$Y_1= 959 \text{ Kg.}$$

$$Y_1' = 1000-959= 41 \text{ Kg.}$$

$$Y_T = 959+41= 1000$$

Almidón (1)

$$\text{Almidón} = 1000 (0,253) = 253 \text{ kg.}$$

$$E=S$$

$$253= (253)(0.0395)+A_1$$

$$A_1= 253-(253)(0.0395)$$

$$A_1= 243 \text{ Kg.}$$

$$A_1 = 253 - 243 = 10 \text{ kg.}$$

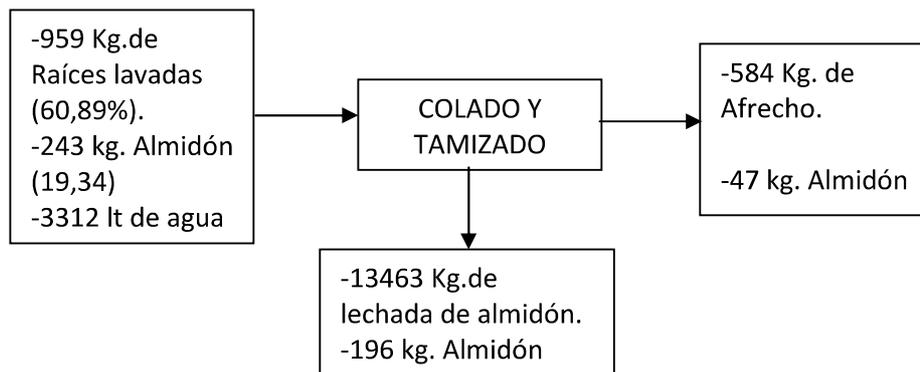
$$A_T = 243 + 10 = 253$$

SEGUNDO PASO: RALLADO



En el Rallado no hay variación en los cálculos de balance de materia, es decir entra 959 kg.de raíces lavadas en rallado salen las mismas cantidad teóricamente igual ocurre con el almidón.

TERCER PASO: COLADO Y TAMIZADO.



Calculo 3:

Yuca (3)

$$E = S$$

$$959 = (959)(0,6089) + Y_2$$

$$Y_3 = 959 - (959)(0,6089)$$

$$Y_3 = 375 \text{ Kg.}$$

$$Y_3' = 959 - 375 = 584 \text{ Kg.}$$

$$Y_{T3} = 375 + 584 = 959$$

ALMIDON (3)

$$243 = (243)(0,1934) + A_2$$

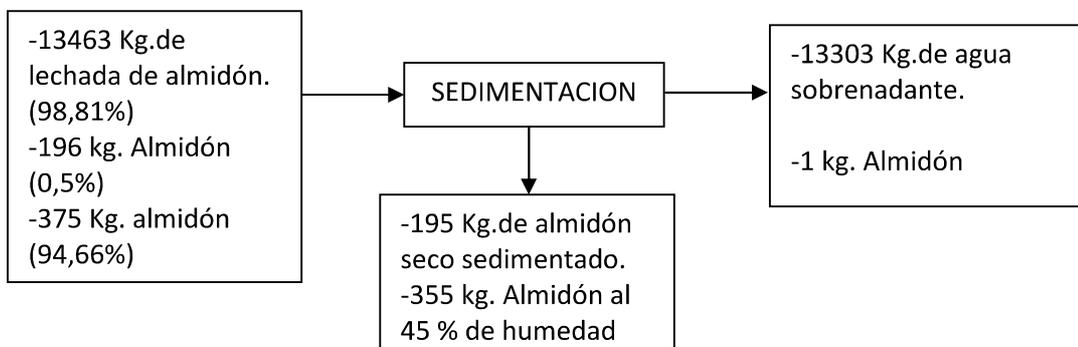
$$A_3 = 243 - (243)(0,1934)$$

$$A_3 = 196 \text{ kg.}$$

$$A_3' = 243 - 196 = 47 \text{ Kg.}$$

$$A_{T3} = 196 + 47 = 243 \text{ kg.}$$

CUARTO PASO: SEDIMENTACIÓN.



CALCULO 4:

LECHADA DE ALMIDON

$$\text{Agua sobrante} = 13463(0,9881)$$

$$\text{Agua Sobrante} = 13303 \text{ Kg.}$$

$$\text{Lechada de almidón} = 13463 - 13303$$

$$\text{Lechada de almidón} = 160 \text{ kg.}$$

YUCA (4)

$$E = S$$

$$375 = 375(0,9466) + Y_4$$

$$Y_4 = 375 - (375)(0,9466)$$

$$Y_4 = 20 \text{ kg.}$$

$Y_4 = 375 - 20 = 355$ kg. Almidón al 45% de humedad.

$Y_{T4} = 355 + 20 = 375$ kg.

ALMIDON (4)

E=S

$196 = 196(99,49) + A_4$

$A_4 = 196 - (196)(99,49)$

$A_4 = 0,996 \approx 1$ Kg.

3.2.2 BALANCE ENERGÍA PARA LA OBTENCION DE LAS DEXTRINAS

Cálculo del calor específico de la Yuca.

$Cp_{\text{alimento}} = (\sum Cp_{\text{Componentes}}) X$

X= Fracción de los componentes en el alimento.

Cuadro 6. Análisis proximal de la raíz de yuca.

HUMEDAD%	PROTEINA%	GRASA%	CENIZAS%	FIBRA CRUDA%	CARBOHIDRATOS TOTALES%
61.63	1.10	0.47	0.70	1.10	36.10

Cuadro7. Calor específico de los principales componentes de los alimentos.

Componente	Cp (KJ/Kg*C)
Agua	4,185
Aire	1,010
Grasa	1,675
Hidrato de carbono	1,424
Proteína	1,529
Cenizas	0,837

$Cp_{yuca} = X_{\text{agua}}Cp_{\text{agua}} + X_{\text{proteína}}Cp_{\text{proteína}} + X_{\text{grasa}}Cp_{\text{grasa}} + X_{\text{H.C}}Cp_{\text{H.C}} + X_{\text{ceniza}}Cp_{\text{ceniza}}$

$Cp_{yuca} = 61.63 (4,185) + 1.10 (1.529) + 0.47 (1.675) + 36.10 (1.424) + 0.70 (0.873)$

$$C_{p_{yuca}} = 312.41 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{agua a } 180^\circ\text{C}} = 2015.3 \text{ KJ/Kg}$$

$$m_{\text{agua}} = 355 - 195 = 160 \text{ Kg de agua}$$

$$Q_{\text{aire}} = m C_p \Delta T + m_{\text{agua}} \lambda_{\text{agua}}$$

$$Q_{\text{aire}} = (355) \text{Kg} (312.41) \text{KJ/Kg} (100 - 25)^\circ\text{C} + (160) \text{Kg} (2015.3) \text{KJ/Kg}$$

$$Q_{\text{aire}} = 8640098 \text{ KJ} \times 0.000278 \text{ Kw-H/KJ} = 2401.95 \text{ Kw-H}$$

Diagrama de proceso de la obtención del almidón modificado de yuca

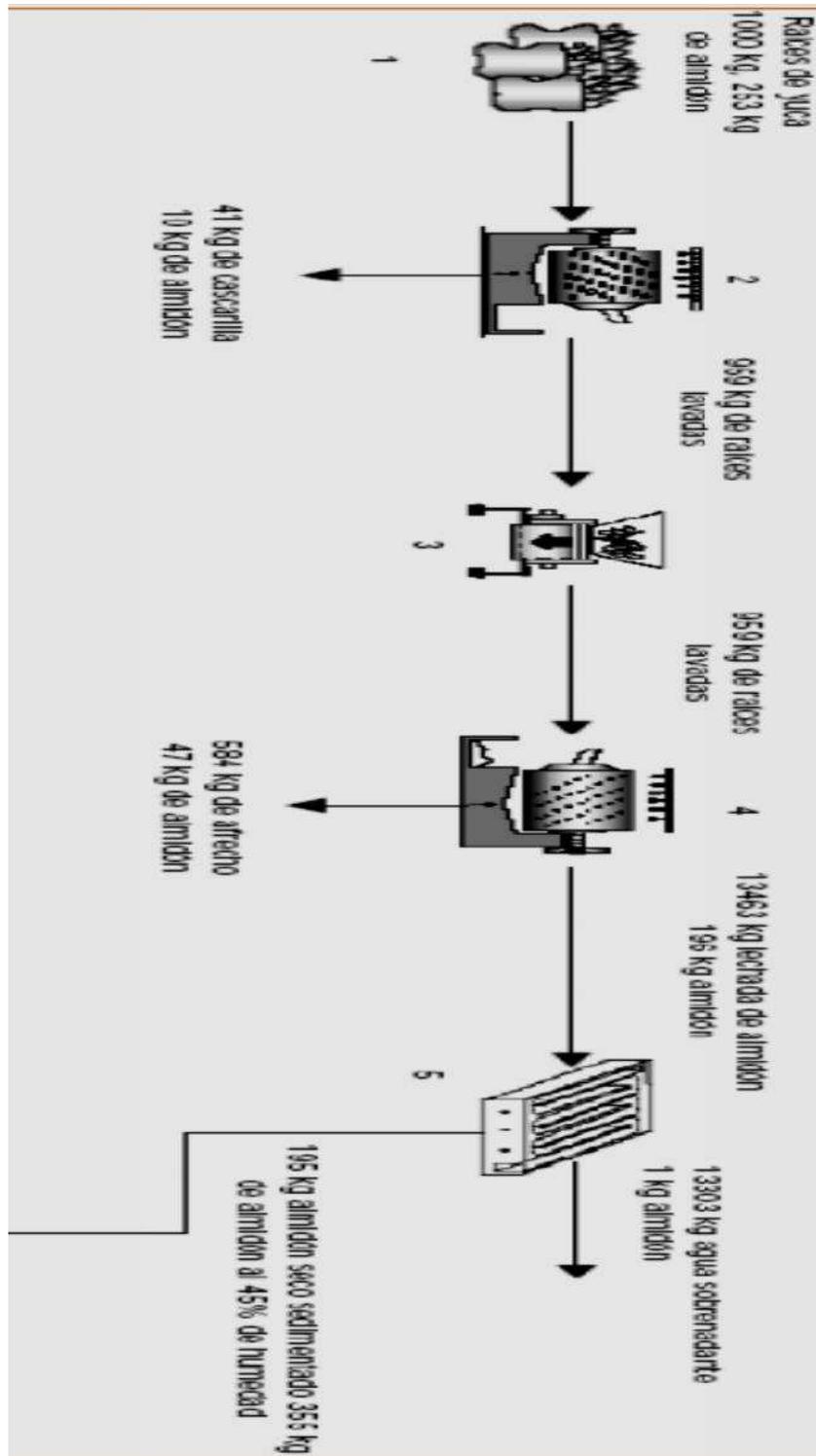
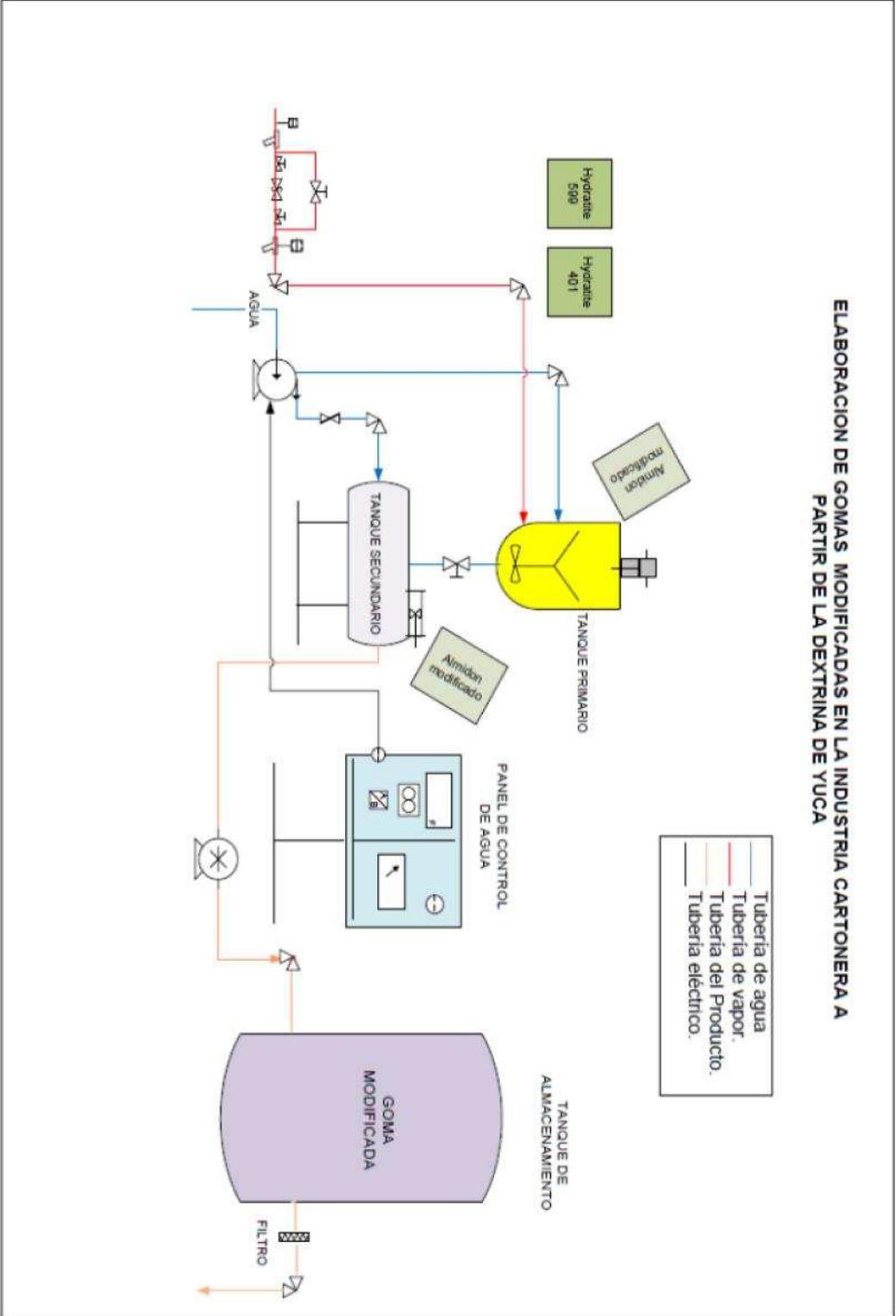


Diagrama de proceso de la obtención de goma modificada aplicada en la industria cartonera



3.2.3 FORMULACIÓN GOMA MODIFICADA PARA CARTON CORRUGADO

PRIMARIO	UNIDADES	CANTIDAD	TIEMPO	%
1.- Agua	Galones	105 (397,43Kg)		41,36
2.- Calentar	Grados	60		-
3.- Almidón Modificado Yuca	Kilogramos	105		10,93
4.- Harlobond	Kilogramos	22,7		2,36
5.- Mezclar	Minutos		5	-
6.- Soda Caústica	Kilogramos	19,5		2,03
7.- Bórax (10 mol.)	Kilogramos	1,30		0,14
8.- Hydratite 599	Kilogramos	10		1,04
Dilución y mezcla de Soda y Bórax en agua	Galones	7 (26,49Kg)		2,76
9.- Mezclar	Minutos		30	-
10.- Agua de enfriamiento	Galones	100 (378,5Kg)		39,39
11.- Mezclar	Minutos		5	-
Peso del Primario	Kilogramos	960,92	40	100

SECUNDARIO	UNIDADES	CANTIDAD	TIEMPO	%
12.- Agua (22 pulgadas vacío)	Galones	408 (1544,28Kg.)		67,76
13.- Hydratite *401	Kilogramos	35		1,54
14.- Bórax (10 mol.)	Kilogramos	9,35		0,41
15.- Almidón modificado Yuca	Kilogramos	690		30,28
16.- Mezclar	Minutos		5	
17.- XM-5 (Penetrante)**	Kilogramos	0,4		0,02
Peso del Secundario	Kilogramos	2279,03		100

Mezcla Final:

- Bajar el contenido del tanque primario al secundario en 30-35 minutos.
- Mezclar de 10-15 minutos.
- Tomar viscosidad y el punto de gel.
- Pasar la mezcla a los tanques de almacenamiento.

ANALISIS	UNIDADES	BATCH	MAQUINA
1.- Viscosidad	Segundos	35 – 45	30 - 35
2.- Temperatura	°C	36 - 38	38 - 42
3.- Punto gel	°C	60 ± 1	60 ± 1
4.- Peso batch	Kilogramos	3239.8	-
5.- Peso sólidos netos	Kilogramos	873.29	-
6.- Peso sólidos comerciales	Kilogramos	893.05	-
7.- % de sólidos netos	%	26.96	-
8.- % de sólidos comerciales	%	27.57	-
9.- Galones por batch	Galones	855.94	-
10.- Kilos producidos por batch	Kg / gal	1.04	-
11.- Peso líquido	Kilogramos	2366.46	-

- a) *Hydratite 401 contiene 60% de sólidos.
- b) *Hydratite 599 contiene 43.5% de sólidos.
- c) **Penetrante se adiciona 300 ml al final de la mezcla.

3.3 Costos de Materia prima, maquinaria, equipos. Costo de producción, costo de venta.

3.3.1 Costos de Materia prima, Equipos y maquinarias, infraestructura de la planta para elaboración del almidón modificado de yuca

Materia prima	Cantidad	Costo
Yuca	1 Ton	352,73

Maquinaria y equipos de procesos	Cantidad	Costo
Lavadora/peladora de yuca (2 ton de raíces/Hr)	1	\$ 1.500
Rallador de yuca (2 ton/Hr)	1	\$ 1.200
Coladora de yuca	2	\$ 3.600
Tamiz vibratorio	1	\$ 800
Secador	1	\$ 6.900
Total		\$ 14.000

Infraestructura de la planta	Cantidad	Costo
Canales de sedimentación (l=30m, A=0,60m y alto 0,40m)	5	\$ 25.000,00
Tanque para depositar la mancha (30m ³)	1	\$ 10.000,00
Tanque de depósito de afrecho (30m ³)	1	\$ 8.000,00
Transmisión de potencia	1	\$ 800,00
Total		\$ 43.800

Costo de Producción y venta al público por tonelada de almidón modificado obtenido

Costo de producción	1 ton	\$ 225,00
Costo de venta	1 ton	\$ 650,00

Elaboración de gomas modificadas usada en la industria cartonera

Costos de Equipos y maquinarias

Equipo	Cantidad	Valor
Tanque mezclador primario	1	\$ 42.000
Tanque Secundario	1	\$ 10.000
Tanque de almacenamiento	1	\$ 12.000
Accesorios		\$ 3.000
Compresor	1	\$ 1.700
Bomba de agua	1	\$ 300
Bomba de succión	1	\$ 200
Bomba de engranaje	2	\$ 2.000
Panel de control de agua eléctrico	1	\$ 1.500
Total		\$ 72.700

Otros costos en la producción

	Unidad	Consumo	Precio
Agua	m3/mes	575,41	\$ 2.301,64
Luz	kw/mes	440,755	\$ 22,00
Vapor	Btu/mes	1182938,39	\$ 150,00
Total			\$ 2.473,64

3.3.2 Costo de materia prima y costo de producción de gomas modificadas utilizado en el catón corrugado.

Cuadro 8. Gasto de fabricación láminas y cajas

(DOLARES)	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	ene-12
Remuneraciones	150.338	187.461	170.092	153.738	150.090	124.468	154.998	142.347	158.936	154.125	143.772	152.177
Liquidacion Haberes	298	5.282	970	67	3.923	272	0	88	128	240	728	0
Sesiones y Atencione	2.476	985	7.343	890	563	2.698	996	688	2391	0	618	849
Lunch y Refrigerios	10.147	10.471	10.228	11.007	10.428	8.657	10.458	9.923	12388	11.423	10.128	11.610
Viatcos y Movilizaci	8.341	8.470	9.330	8.716	7.308	5.944	14.322	8.423	12248	8.762	11.726	7.129
Capacitacion persona	0	0	0	0	0	534	500	0	235	511	0	600
Agasajos x Navidad	5.602	5.602	5.602	5.602	5.602	5.602	5.602	5.602	5.602	5.602	5.602	5.602
Honorarios x Ases. P	2.124	6.253	5.235	3.002	9.260	11.493	10.540	9.098	11274	11.405	12.497	7.575
x ordenes trab. Plant	11.813	12.736	10.839	17.123	6.182	11.130	11.517	10.459	20562	11.738	13.467	23.596
x Ordenes trab. proye	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tasa recol.Basura	2.371	2.422	2.347	2.448	2.311	1.840	2.479	2.335	2475	2.219	2.161	2.340
Ener. Electrica Compr	18.112	18.497	17.929	18.696	17.651	14.059	18.936	17.831	18904	16.972	16.507	17.877
Vapor	22.349	32.048	32.168	32.954	24.334	23.899	30.533	28.356	33170	23.861	29.534	28.717
Agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lubricantes	3.405	2.848	270	3.522	4.297	1.227	233	2.155	2233	2.240	2.118	998
Materiales de Producc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Materiales varios	37.696	44.803	47.481	43.266	38.732	26.947	33.950	40.334	40747	38.739	41.208	38.962
Repuestos y Partes	41.547	60.245	51.524	58.984	37.160	34.408	55.878	56.370	71087	66.302	55.751	40.621
Ciset y troqueles	2.145	4.558	10.021	10.564	4.140	3.035	15.979	4.093	6664	8.910	4.795	20.148
Dif.cto transf. bodeg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuotas Aepio-Medicas	0	0	0	0	0	0	0	636	0	733	211	0
Arrendamiento Leasing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arrendamiento Locales	789	789	789	789	789	789	789	789	789	789	789	789
Arrendamiento Bienes	0	0	0	0	0	60	0	0	0	2.900	6.240	11.420
Seguros	21.338	16.668	12.935	28.045	23.620	23.717	24.204	26.918	24462	24.228	23.365	21.153
Telefonos	629	586	609	610	487	507	644	626	681	671	685	346
Seguridad Industrial	2.364	2.679	1.135	7.318	9.717	3.697	4.669	3.249	2698	3.250	1.783	3.784
Montacargas	9.584	15.421	11.998	15.036	15.624	11.059	14.722	16.201	17711	10.842	14.242	18.098
Suministros de Oficina	918	3	1.142	484	708	268	616	42	461	555	409	27
Formularios	1.895	5.535	3.460	1.290	2.095	1.872	1.225	1.925	3606	3.153	2.712	1.395
Mantenimiento Vehiculo	0	0	0	0	1.169	0	0	0	0	569	0	0
Trasmision Sistemas	223	223	223	223	0	223	223	223	223	223	223	223
Suscripciones	124	100	895	420	1.445	303	99	612	365	0	15	190
Nacion.Desperdicio D.I	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	0	0	0	0	0	0	2.000
Fletes y Estibaje Mate	22.343	41.972	51.982	9.950	14.515	7.143	8.473	13.787	10014	12.135	29.195	21.513
Uniformes	0	0	0	0	0	256	13	673	0	0	465	0
Combustible Vehiculos	121	227	83	83	53	187	27	156	170	219	180	162
Materiales de Aseo	362	704	971	400	1.411	917	440	709	349	805	1.154	752
Agua Potable	9.075	11.424	9.090	10.315	9.167	10.120	4.320	7.725	9103	8.331	8.362	11.519
Depreciaciones	88.157	88.232	88.771	88.736	90.230	88.956	89.125	89.245	88743	89.132	89.029	89.005
Amortizaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vigilancia	9.861	8.039	8.912	8.621	8.947	23.230	24.875	8.663	21.193	7.696	11.972	8.964
TOTAL CONVERSION	489.555	578.279	577.375	545.900	504.956	449.515	542.383	510.282	579.614	529.278	541.662	550.138

Costo unitario

(DOLARES / TONELADA)	PROM / 08	Prom / 09	Prom / 10	oct-11	nov-11	dic-11	Prom / 11	ene-12	Prom / 12
Papel	608,5	497,1	568,1	643,9	636,8	633,7	647,3	597,8	597,8
Químicos	39,3	33,6	33,1	38,5	37,6	41,8	39,5	36,4	36,4
Tintas	9,9	8,3	6,9	8,3	8,4	7,9	7,6	7,8	7,8
Total M.P	657,7	538,9	608,0	690,7	682,7	683,4	694,3	642,0	642,0

Costo y consumo de Químicos

Producción de láminas.

(TONS)	Prom/08	Prom/09	Prom / 10	oct-11	nov-11	dic-11	Prom / 11	ene-12	Prom / 12	Total/12
S.F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
175	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	11	46	72	26	9	13	50	17	17	17
200-CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	202	310	387	255	168	278	290	237	237	237
275	2	2	14	32	16	44	32	14	14	14
200DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
275DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400	972	507	85	19	18	24	38	24	24	24
450	2.140	3.083	3.375	3.352	2.565	3.172	3.096	3.294	3.294	3.294
150-B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
175-B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200-B	19	0	4	0	15	6	6	9	9	9
200-CMB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250-B	1.610	1.753	1.569	1.775	1.314	1.590	1.533	1.568	1.568	1.568
275-B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200DP-B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
275DP-B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400-B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350DP	22	86	141	52	45	34	109	51	51	51
TOTAL	4.979	5.787	5.647	5.510	4.150	5.162	5.152	5.215	5.215	5.215

Consumo Químico.

(TONS)	Prom/08	Prom/09	Prom / 10	oct-11	nov-11	dic-11	Prom / 11	ene-12	Prom / 12	Total/12
Almidón	108,2	121,2	115,0	105,8	80,3	114,4	105,0	96,4	96,4	96,4
Soda Caústica	2,6	2,9	2,8	2,6	1,7	2,8	2,5	2,3	2,3	2,3
Acido Bórico	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Resinas	6,1	6,9	6,4	6,0	4,6	6,0	5,7	5,4	5,4	5,4
Aditivos	73,8	70,4	69,6	57,0	40,8	54,8	56,9	50,1	50,1	50,1
Bórax	1,2	1,6	1,3	1,4	1,1	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3
Otros	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0
TOTAL	192,2	203,0	195,1	172,8	128,4	180,5	171,6	155,6	155,6	155,6

Consumo absoluto de químicos

(DOL)	Prom/08	Prom/09	Prom / 10	oct-11	nov-11	dic-11	Prom / 11	ene-12	Prom / 12
Almidón	57.816	57.753	56.957	69.900	52.867	75.877	66.328	63.843	63.843
Soda Caústica	2.327	2.574	1.989	2.016	1.291	2.165	1.949	1.858	1.858
Acido Bórico	173	0	0	0	0	0	0	0	0
Resinas	15.350	16.962	16.619	15.937	12.500	15.755	14.601	14.392	14.392
Aditivos	118.910	115.497	110.148	123.341	88.315	119.518	119.134	108.722	108.722
Bórax	800	1.311	965	1.058	815	1.163	987	1.000	1.000
Otros	345	261	74	0	80	1.118	264	81	81
TOTAL	195.722	194.360	186.753	212.251	155.868	215.596	203.263	189.897	189.897

Costo por tonelada de químicos consumidos

(DOL / TONS)	Prom/08	Prom/09	Prom / 10	oct-11	nov-11	dic-11	Prom / 11	ene-12	Total/12
Almidón	534	477	495	661	658	663	632	662	662
Soda Caústica	881	873	708	774	778	779	775	791	791
Acido Bórico	1.170	0	0	0	0	0	0	0	0
Resinas	2.517	2.458	2.601	2.655	2.740	2.635	2.579	2.649	2.649
Aditivos	1.612	1.641	1.584	2.165	2.166	2.182	2.095	2.170	2.170
Bórax	672	819	740	741	753	756	705	773	773
Otros	4.133	5.084	5.015	0	4.000	1.089	1.658	2.889	2.889
TOTAL	1.018	957	957	1.228	1.214	1.195	1.185	1.221	1.221

Costo de químicos por tonelada producida.

(DOL / TONS)	Prom/08	Prom/09	Prom / 10	oct-11	nov-11	dic-11	Prom / 11	ene-12	Total/12
Almidón	11,61	9,98	10,09	12,69	12,74	14,70	12,87	12,24	12,24
Soda Caústica	0,47	0,44	0,35	0,37	0,31	0,42	0,38	0,36	0,36
Acido Bórico	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resinas	3,08	2,93	2,94	2,89	3,01	3,05	2,83	2,76	2,76
Aditivos	23,88	19,96	19,51	22,38	21,28	23,15	23,12	20,85	20,85
Bórax	0,16	0,23	0,17	0,19	0,20	0,23	0,19	0,19	0,19
Otros	0,07	0,05	0,01	0,00	0,02	0,22	0,05	0,02	0,02
TOTAL	39,31	33,58	33,07	38,52	37,56	41,77	39,45	36,42	36,42

**Cuadro 9. Mano de obra de una industria cartonera en dólares
Gastos Directos de producción de láminas**

	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	ene-12
Sueldos y Salarios	11.013	11.320	11.763	12.273	11.842	9.027	10.134	12.168	12.312	12.337	11.918	11.843	11.634
Horas Extras	5.368	3.994	5.713	7.081	7.105	6.437	4.390	7.771	3.627	6.468	4.980	3.690	3.757
Otras Remuneraciones	3.581	3.755	2.851	978	1.054	2.094	1.255	1.137	2.311	2.500	1.928	1.850	1.982
Sobresueldos	2.386	2.331	2.448	2.462	2.476	2.515	2.320	2.486	2.289	2.551	2.311	2.171	2.238
Aporte patronal ECE	2.299	2.214	2.411	2.382	2.400	2.511	2.174	2.442	2.134	2.515	2.191	1.996	2.034
Fondo de reserva	1.331	1.253	1.365	1.407	1.513	1.709	1.464	1.648	1.420	1.657	1.437	1.337	1.395
x Contratos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liquidacion Haberes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206	0	0
TOTAL	25.978	24.867	26.551	26.582	26.391	24.293	21.737	27.650	24.093	28.029	24.971	22.887	23.040

Cuadro 10. Gastos de producción de cajas

	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	ene-12
Sueldos y Salarios	20.808	20.646	22.250	21.381	20.285	16.625	16.945	20.915	20.452	21.514	22.314	20.522	21.350
Horas Extras	9.808	7.542	10.474	14.418	14.862	14.693	9.913	17.298	11.410	15.031	13.956	11.136	12.208
Otras Remuneraciones	4.598	5.947	4.374	1.802	2.058	3.300	1.675	2.037	2.256	2.892	3.717	3.352	3.394
Sobresueldos	4.381	4.298	4.532	4.539	4.577	4.755	4.234	4.728	4.192	4.679	4.714	4.351	4.670
Aporte Patronal-IECE	4.090	3.969	4.330	4.390	4.477	4.708	3.972	4.701	3.993	4.598	4.641	4.149	4.349
Fondo de reserva	2.732	2.652	2.923	3.011	3.071	3.177	2.624	3.117	2.715	3.074	3.058	2.731	2.902
X Contratos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liquidacion Haberes	0	0	510	304	34	3.553	272	0	88	128	34	439	0
TOTAL	46.416	45.054	49.393	49.846	49.374	50.812	39.635	52.795	45.106	51.916	52.434	46.661	48.673

Cuadro 11. Gastos indirectos de fabricación

	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	ene-12
Sueldos y Salarios	40.228	39.249	49.911	51.789	41.140	36.255	35.817	37.570	38.702	38.709	39.711	40.739	42.440
Horas Extras	13.774	13.206	14.007	17.462	15.411	14.132	8.592	16.068	11.923	16.062	14.473	11.975	13.296
Otras Remuneraciones	7.972	9.500	7.159	3.388	3.463	5.610	2.794	2.976	4.775	5.666	4.721	4.504	5.794
Sobresueldos	6.765	6.770	7.443	7.627	6.628	6.661	6.044	6.565	6.416	6.725	6.540	6.353	7.049
Aporte Patronal-ICE.	7.196	7.199	8.267	8.449	7.000	7.123	6.170	6.935	6.741	7.206	6.958	6.675	7.204
Fondo de reserva	4.429	4.492	5.239	5.273	4.366	4.524	3.949	4.437	4.679	4.732	4.559	4.397	4.480
X Contratos	0	0	0	0	0	4.235	0	0	0	0	0	0	0
Liquidacion Haberes	0	266	4.772	666	33	370	0	0	0	0	0	289	0
TOTAL	80.364	80.702	96.798	94.634	78.042	78.909	63.366	74.551	73.237	79.120	76.960	74.932	80.264

LAMINAS	50%	50%	50%	50%	50%	50%	51%	49%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
CAJAS	50%	50%	50%	50%	50%	49%	51%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

INDIRECTO LAMINAS	40.192	40.351	48.399	47.317	39.021	40.244	31.049	37.275	36.618	39.560	38.480	37.466	40.132
INDIRECTOS CAJAS	40.192	40.351	48.399	47.317	39.021	38.666	32.316	37.275	36.618	39.560	38.480	37.466	40.132

PRODUCCION LAMINAS TM	7.177	4.681	5.963	5.479	5.629	3.995	4.103	5.059	4.894	5.510	4.150	5.162	5.215
PRODUCCION CAJAS TM	7.173	4.636	5.686	5.478	5.553	3.873	4.213	5.044	4.972	5.570	4.166	5.207	5.190
MOD \$US / TM	10.02	15.03	12.83	13.95	13.58	19.20	14.70	15.93	13.99	14.41	18.60	13.40	13.63
MID \$US / TM	11.19	17.32	16.31	17.27	13.96	20.06	15.24	14.76	14.85	14.28	18.51	14.45	15.43

PRODUCCION LAMINAS MM2	7.700	4.986	6.477	5.824	6.005	4.332	4.431	5.407	5.272	5.933	4.439	5.540	5.535
PRODUCCION CAJAS MM2	7.697	4.967	6.393	5.823	5.992	4.196	4.543	5.381	5.340	5.996	4.442	5.582	5.520
MOD \$US / MM2	9.34	14.06	11.83	13.12	12.72	17.72	13.63	14.93	13.02	13.38	17.43	12.49	13.02
MID \$US / MM2	10.43	16.22	15.04	16.25	13.08	18.50	14.12	13.82	13.80	13.27	17.33	13.47	14.52

Cuadro 12. Gastos directos de producción de láminas promedio a enero del 2012

Promedio a enero		
2011	2012	
11.013	11.634	6%
5.368	3.757	-30%
3.581	1.982	
2.386	2.238	
2.299	2.034	
1.331	1.395	
25.978	23.040	-11%

Cuadro 13. Gastos directo de producción cajas promedio a enero del 2012

Promedio a enero		
2011	2012	
20.808	21.350	3%
9.808	12.208	24%
4.598	3.394	
4.381	4.670	
4.090	4.349	
2.732	2.902	
46.416	48.873	5%

Cuadro 14. Gastos indirectos de fabricación promedio a enero del 2012.

Promedio a enero		
2011	2012	
40.228	42.440	5%
13.774	13.296	-3%
7.972	5.794	
6.785	7.049	
7.196	7.204	
4.429	4.480	
80.384	80.264	0%

Cuadro 15. Promedio de Tonelada métrica

Promedio TM		
7.177	5.215	-27%
7.173	5.190	-28%

Cuadro 16. Promedio por MM²

Promedio MM2	
7.700	5.535
7.697	5.520



A bar chart to the right of the table shows a -28% decrease. The bar is blue and is positioned to the right of the table's data rows.

4 Conclusiones y Recomendaciones.

Conclusión:

- En el ámbito global, las principales industrias de almidón de yuca están ubicadas en Asia, siendo Tailandia quien posee la industria productora más dinámica e importante, seguida de las industrias de Indonesia, China, India y Vietnam. Las exportaciones están concentradas en tres de estos países, siendo el 85% realizada por Tailandia y 10% por Indonesia y Brasil. Los principales importadores son Japón, Taiwán, Hong Kong, China, Indonesia, Malasia, Singapur, Estados Unidos y Filipinas. Así, los mayores productores de dextrinas son India, China y Tailandia, y los mayores importadores son Asia y América Latina.
- El estudio de campo permitió determinar que los principales sectores de aplicación de las dextrinas son papel y cartón y alimentos. En el sector papel y cartón, son usadas las pirodextrinas para la fabricación de adhesivos, particularmente en cuatro aplicaciones: para cerrado de cajas corrugadas; para la fabricación de cores o tubos de cartón; para la fabricación de bolsas de papel y sacos multipliegos y para el etiquetado de botellas de vidrio. Adicionalmente se usan otro tipo de dextrinas modificadas por vía enzimática para la producción directa del adhesivo. En el sector de alimentos, son usadas las maltodextrinas principalmente como barreras ante la grasa o agua (confitería), como sustitutos de la gelatina o goma arábica en las gomas, como sustitutos de grasa en los helados, como promotores de cuerpo (cerveza) y como estabilizantes y espesantes en las salsas y embutidos.
- La metodología utilizada para la selección del producto permitió determinar que los adhesivos para cerrado de cajas corrugadas y fabricación de sacos multipliegos y bolsas de papel son las alternativas más viables para un posterior diseño o desarrollo.

- El Despliegue de la Función de Calidad permitió determinar que los adhesivos a partir de pirodextrina se caracterizan por su bajo costo, buena formación de película, excelente pegajosidad, biodegradabilidad y capacidad para no cristalizarse. Los aspectos en los cuales son deficientes son en la tendencia a deformar el sustrato, el tiempo abierto de secado largo y la tendencia a cambiar de viscosidad en almacenamiento.
- El proceso se escaló a nivel industrial, a través de la definición de los equipos necesarios para la preparación de los adhesivos y se determinó que la producción de adhesivos es un proceso sencillo que sin embargo, debe ser controlado cuidadosamente, principalmente el porcentaje de aditivos, la temperatura y la viscosidad de la mezcla.
- La creciente tendencia de las instituciones hacia procesos y productos más sostenibles desde lo ambiental, representa una excelente oportunidad para diferenciar los adhesivos de pirodextrina de yuca de los adhesivos sintéticos. Aunado a las regulaciones ambientales, cada vez más exigentes, sobre el uso de contenidos totales o parciales de fibra reciclada y de la eliminación de grapas para el cierre de empaques, lo que les da a estos adhesivos una ventaja competitiva.
- Difundir a nivel nacional los diversos usos de la yuca y sus ventajas competitivas, especialmente como alternativa para reemplazar otras fuentes de almidón tanto en el sector alimenticio como en otros sectores, no sólo enfocándose en la alimentación animal y el consumo humano si no también en su utilización en nuevos mercados.
- Fomentar el desarrollo y la investigación de productos innovadores, de alta calidad, bajo costo y de alto valor agregado que satisfagan las necesidades del mercado y aprovechen las ventajas competitivas y comparativas que tiene la yuca, incrementando así el portafolio de productos que posee el centro de investigación que patrocinó este proyecto.
- Las gomas modificadas son adhesivos muy estables y exhiben buenas propiedades de fluidez, dando un gran rendimiento a distintas velocidades de máquinas y con todos los tipos de papel.

Recomendaciones.

- Realizar estudios comparativos de producción de dextrinas por vía seca con las condiciones establecidas en el presente estudio, pero utilizando como materia prima variedades específicas de yuca y una mezcla de variedades, que permitan determinar si hay diferencias significativas en las dextrinas obtenidas con cada una de ellas.

- Utilizando las bases determinadas en el presente estudio para la etapa de presecado y tostación, se recomienda realizar estudios técnicos que permitan determinar las características más adecuadas para un equipo de secado de lecho fijo por lotes.
- Se recomienda realizar experimentos de estratificación Dado que el proceso de sedimentación depende cuantitativa y cualitativamente de las dimensiones del canal, se recomienda repetir experimentos similares en otras plantas.
- El agua que se utilizará en el proceso debe ser de buena calidad y abundante, es decir, alrededor de 30 m³ por día.
- La temperatura del agua debe ser menor que 25 °C (agua fresca).
- Se recomienda someter a tratamiento los efluentes del proceso de obtención de almidón de yuca. Donde no puedan tratarse las aguas residuales, éstas deben fluir hacia un sitio alejado del lugar donde se hace el respectivo proceso para la obtención del almidón modificado de yuca.
- La planta se construirá en un sitio cuya topografía permita aprovechar la gravedad en el proceso.
- La calidad de la yuca empleada es fundamental para lograr un buen porcentaje de extracción de almidón de buena *calidad*, es decir, que tenga buena capacidad de panificación (crecimiento de la masa durante el horneado). Es indispensable, por tanto, seleccionar bien la variedad de yuca que se cultivará y las raíces que se procesarán.
- Se recomienda que los almidones modificados de yuca estén almacenados en un lugar libre de humedad, y sobre todo evitando que le caiga agua al almidón en tiempo de invierno.
- En la elaboración de la goma modificada se debe tener cuidado con la incidencia de los contadores de agua ya que las formulas son afectadas en porcentaje de sólidos y viscosidad por mediciones incorrectas de la cantidad de agua. Especialmente en equipos modernos donde hay alta turbulencia y no se puede utilizar indicadores de nivel visuales y en los cuales es crítico detener el equipo para observar el nivel.
- Incidencia de balanzas.
- Concentración de soda variable.
- Indicadores de temperatura en malas condiciones.

- Calentamiento adicional.
- Se recomienda trabajar con una temperatura mayor a 125 grados centígrados para reprimir la solubilidad y el hinchamiento de los gránulos de almidón.

Bibliografía:

- EVANS R.B., WURZBURG O.B. National Starch and Chemical Corporation, Plainfield. En: WHISTLER, Roy L., BEMILLER, James N. and PASCHALL, Eugene F. Starch: Chemistry and Technology. New York, Academic press, 1967, v2.
- (FAO). Global Cassava end-uses and markets: current situation and recommendations for further study.
- ACTON, W. The Manufacture of Dextrins and British Gums. En: RADLEY, J. A. Starch Production Technology. England: Applied Science Publisher, 1976. p. 276-284.
- ARISTIZABAL, J. y ROBLES, S. Estudio de la Dextrinización del Almidón de Yuca por Vía seca. Bogotá, 2001. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química.
- ASERQUIM. Adhesivos.
- BALAGOPALAN C, NANDA G y MOORTHY S.N. Cassava in food, feed and industry. Boca Ratón, (Florida). CRC, 1988.
- BALAGOPALAN C, PADMAJA G, NANDA S.K, MOORTHY S.N. Cassava in food and feed industry. Boca Ratón, FL, CRC Press. 1988.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n>.
- <http://html.rincondelvago.com/hidrolisis-enzimatica-de-un-polisacarido-vegetal.html>.
- <http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohidratos1.html>.
- Acosta, H., H.S. Villada., A. Torres, y J.G. Ramírez; *Morfología Superficial de Almidones Termoplásticos Agrío de Yuca y Nativo de Papa Observados por Microscopía Óptica y Microscopía de Fuerza Atómica*, Inf. Tecnol, ISSN: 0718-0764 (en línea): 17 (3), 63-70 (2006). <http://www.scielo.cl/scielo.htm>. Acceso: 15 de enero (2007)
- Balagopalan, C. y G. Padmaja; *Cassava in Food, Feed and Industry*. Boca ratón, Florida: CRC Press, p. 138 (1988).
- Kennedy, H.M. y A.C. Fischer Jr; *Starch and Dextrins in prepared Adhesives*, En: Whistler, Roy L., Bemiller, James N. y Paschall, Eugene F. Starch: Chemistry and Technology, 2ª edition, pp 593-610, Orlando (Florida): Academic Press, USA (1984).
- Kruger, L. y N. Lacourse; *Starch based adhesives*. En: Skeist, I., Handbook of adhesives. 3 ed. Van Nostrand Reinhold Company: New York, p.153-166 (1990).

- McCabe, W.L.; *Operaciones unitarias en ingeniería química*, 4ª edición, 821-863. McGraw-Hill, Madrid, España (1991).
- Moorthy, S.N.; *Tuber crop starches*. Thiruvananthapuram: Central tuber crops research institute, 18, p. 40 (1994).
- Moorthy, S. N.; *Large scale industries*. In. Balagopalan, C. *integrated technologies for value addition and post harvest management and tropical tuber crops*. Thiruvananthapuram: Central tuber crops research institute, Cap 6, p. 106 (2000).
- Swinkels. J.J.M; *Properties, modifications and applications of starches*. Industrial starch chemistry by AVEBE, Veendam, p. 48 (1996).
- Treybal, R.; *Operaciones de transferencia de masa*, 2ª edición, 730-734. McGRAW-HILL, Madrid, España (1998).
- Wurzburg, O.B.; *Modified Starches: Properties and Uses*. CRC Press Boca Raton, p. 29-40, 254-256 (1986).

Msd de materias primas.

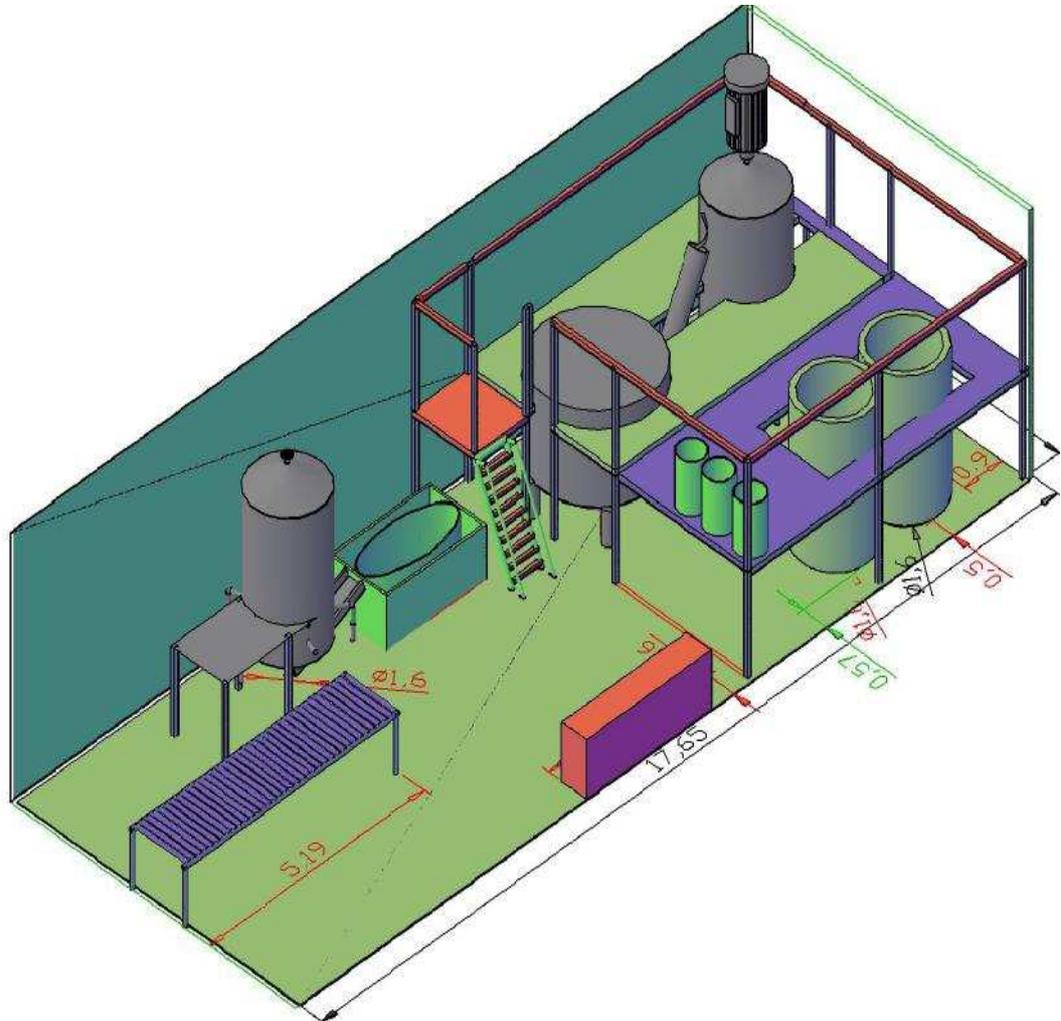
- http://es.wikipedia.org/wiki/Hidroxido_de_sodio
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Borax>
- <http://www.docentes.utonet.edu.bo/ccruz/wp-content/uploads/Tablas-Termodinamica.pdf>.
- http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt_cap_15.pdf.
- http://www.volker-quaschnig.de/datserv/faktoren/index_e.php.
- http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Equipos/EQP7.htm.

Costos de equipos

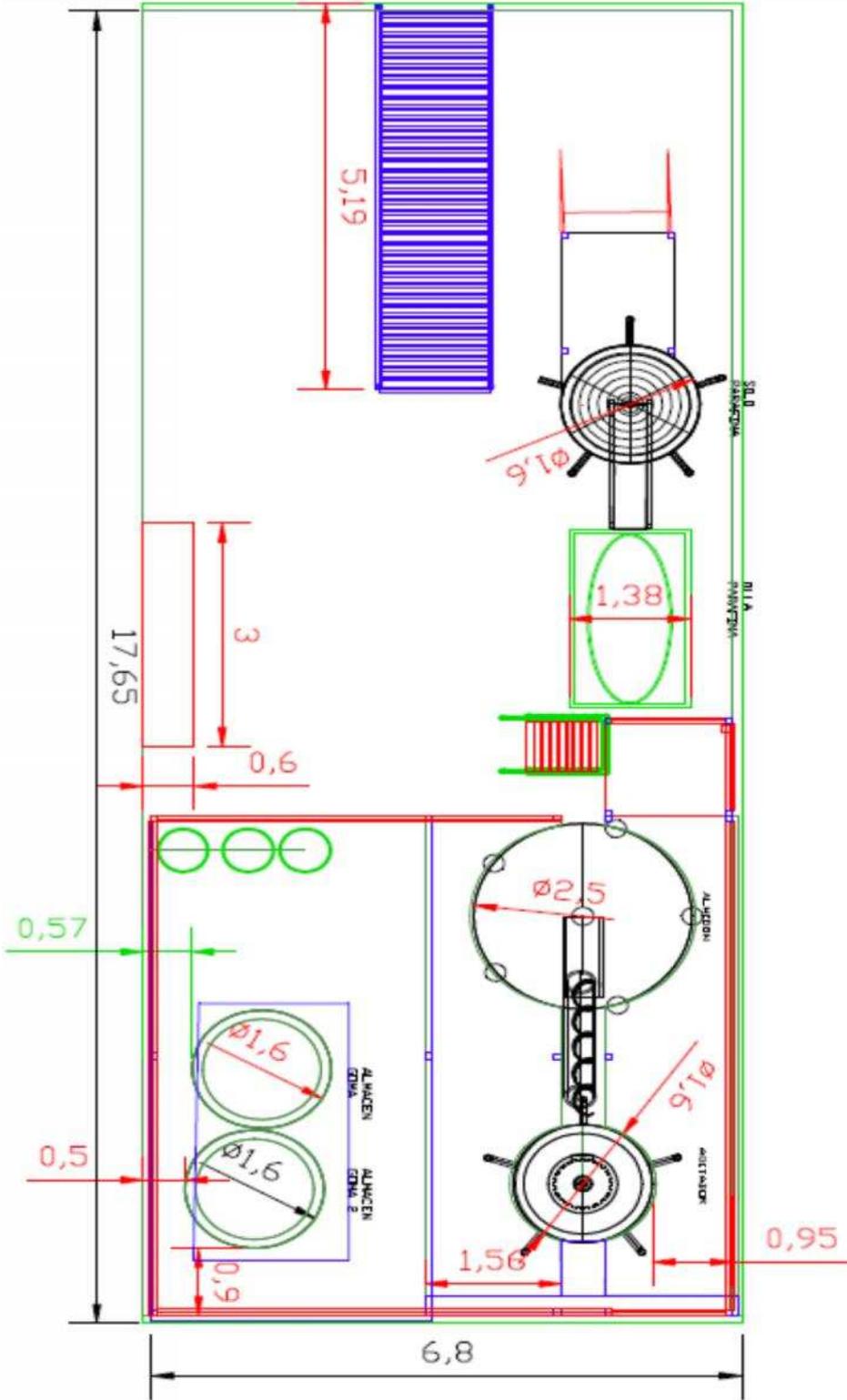
- <http://spanish.alibaba.com/product-gs/reliable-continuous-working-cassava-drying-machine-at-cheap-price-508308268.html>.
- <http://spanish.alibaba.com/product-gs/advanced-inclined-rolling-cage-cassava-peeling-machine-529083506.html>.
- <http://spanish.alibaba.com/product-gs/cassava-peeling-and-slicing-machine-462981079.html>.
- <http://spanish.alibaba.com/product-gs/guoxin-superior-energy-saving-cassava-chips-dryer-with-stable-quality-498381180.html>.
- <http://spanish.alibaba.com/product-gs/cassava-flour-drying-machine-441812709.html>.
- <http://spanish.alibaba.com/product-gs/china-automatic-cassava-washing-machine-for-making-starch-391235938.html>.
- <http://spanish.alibaba.com/product-gs/juice-tank-201250985.html>.

Anexos.

Cuarto de Goma en una empresa cartonera



Cuarto goma vista superior



Hojas de registros de control de calidad para el análisis del almidón.

R3CS-CC-8.2-06C

CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE ALMIDON

Nombre :
Proveedor :
Lote # :
Fecha :

CARACTERISTICA	UNIDAD	ESTANDAR	PRUEBA
% de Humedad	%	max. 13	
Punto Gel	°C	71 ± 2	
Sensibilidad a NaOH		negativa (< 69 ml)	
Apariencia		buena	

OBSERVACIONES:

Aceptado	
Rechazado	

_____ realizado por

_____ revisado por

Hojas de registros de control de calidad para el análisis de adhesivos PVA.

R3CS-CC-8.2-010C

CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE ADHESIVO P.V.A.

Nombre :
Proveedor:
Lote # :
Fecha :

CARACTERISTICA	UNIDAD	ESTANDAR	PRUEBA
% de Sólidos	%	50 ± 5	
Viscosidad copa S. Hall	seg.	min. 150	
Densidad	g / cm ³	1.08 ± 0.08	
Tiempo de secado	seg.	20 a 30	
Adherencia	seg.	15 a 25	
Apariencia		buena	

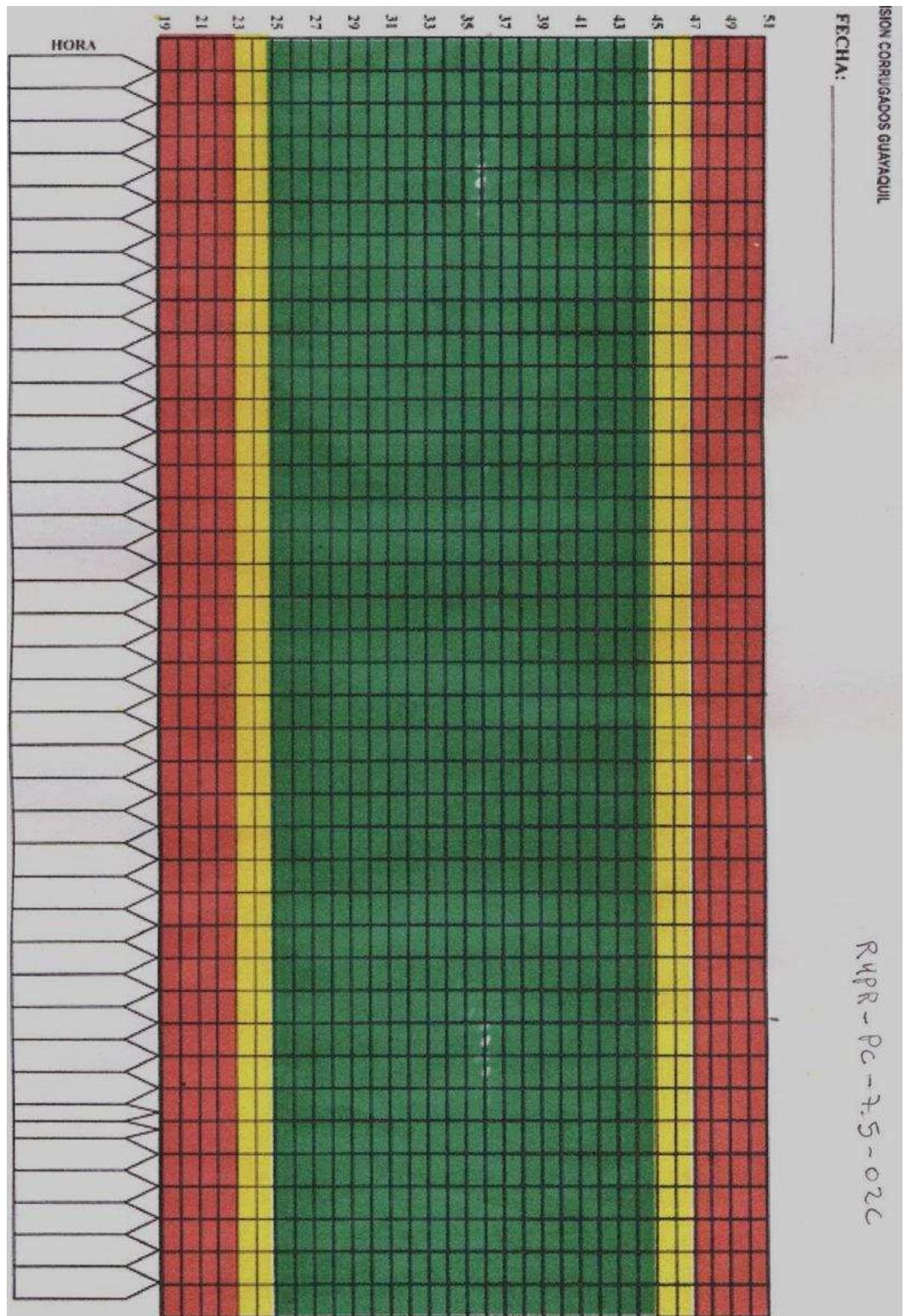
OBSERVACIONES:

Aceptado	
Rechazado	

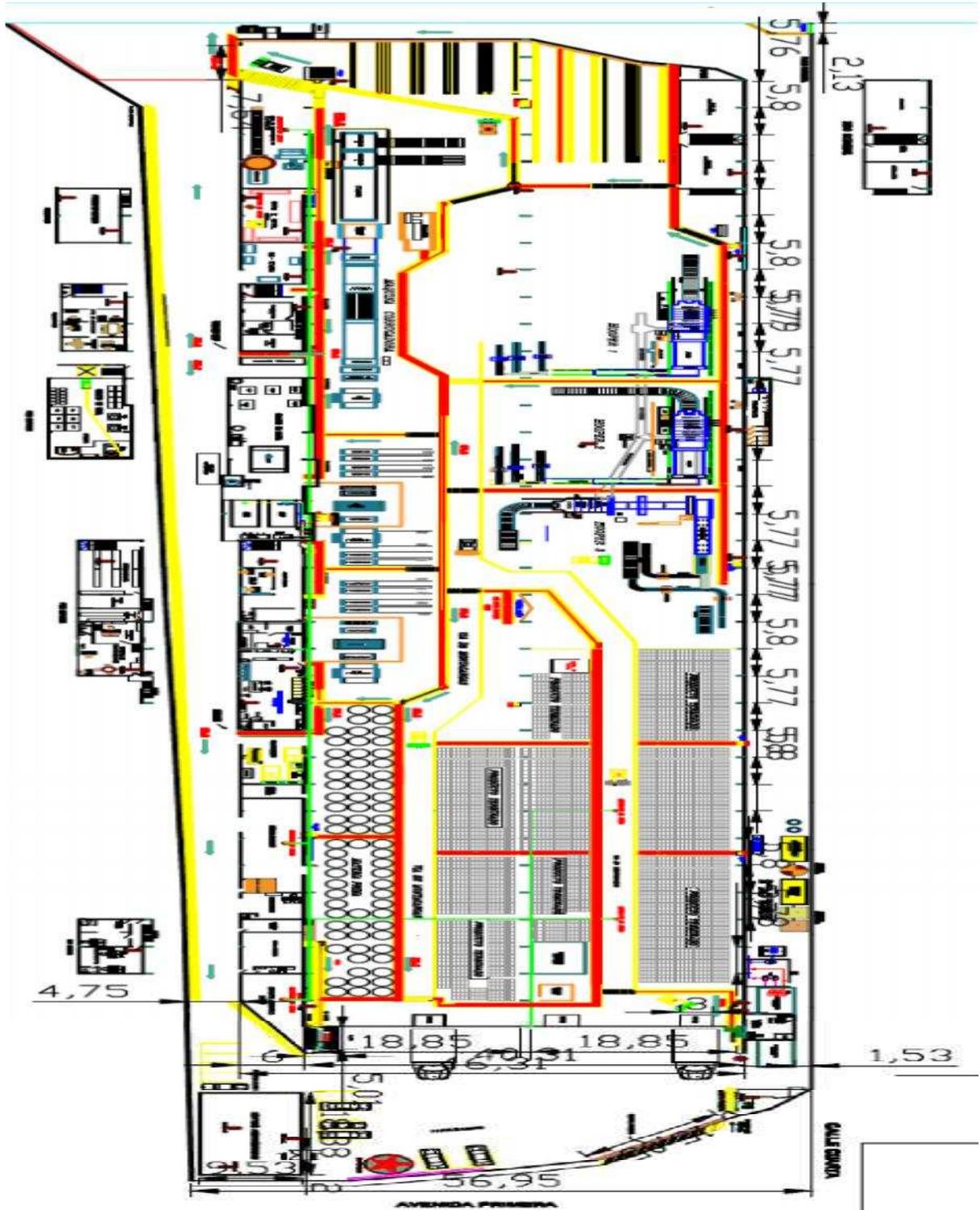
Preparado por _____

Revisado por _____

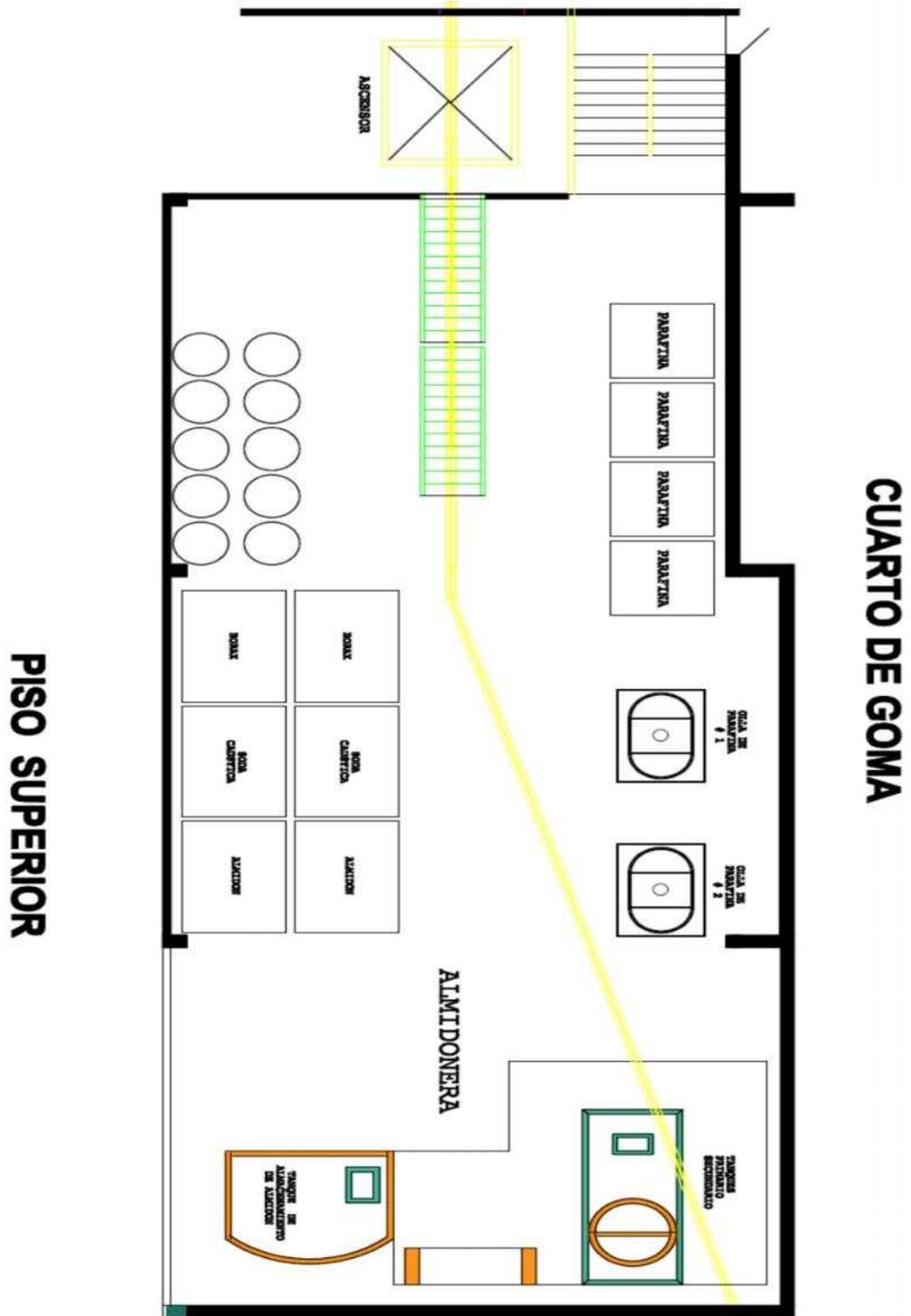
Pre- Control de viscosidad de la goma



Plano general de la planta.



Plano del cuarto de goma.



Equipos utilizados en la elaboración de gomas modificados.



Gomas modificada en el proceso de la elaboración de las láminas de cartón.







Láminas producidas en el corrugador utilizando gomas modificadas.



Láminas convertidas en cajas de banano para exportación.

