

**ESTUDIO DE LAS APLICACIONES INDUSTRIALES, EL MERCADO
POTENCIAL EN COLOMBIA Y DISEÑO DE UN PRODUCTO A PARTIR
DE PIRODEXTRINAS DE YUCA**

**MARÍA DEL PILAR ACOSTA COLLAZOS
MARÍA CECILIA SALCEDO SIERRA**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2004**

**ESTUDIO DE LAS APLICACIONES INDUSTRIALES, EL MERCADO
POTENCIAL EN COLOMBIA Y DISEÑO DE UN PRODUCTO A PARTIR
DE PIRODEXTRINAS DE YUCA**

**MARÍA DEL PILAR ACOSTA COLLAZOS
MARÍA CECILIA SALCEDO SIERRA**

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Industrial

**Directora Científica CIAT: Johanna A. Aristizábal, Ing. Química
Director Académico: Alvaro Figueroa Cabrera, Ing. Mecánico**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2004**

Nota de aceptación:

Firma de presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Santiago de Cali, Enero de 2004

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus más sinceros agradecimientos a:

Ing. Johanna Arístizabal, directora científica del proyecto, por su apoyo, dedicación y empeño. Su disciplina y compromiso hicieron posible la culminación del proyecto y tuvieron gran aporte a nuestra formación.

Ing. Álvaro Figueroa, director del proyecto, por su apoyo e indicaciones metodológicas.

A Bernardo Ospina director ejecutivo de CLAYUCA, por su respaldo y por brindarnos la oportunidad de ser parte del equipo de CLAYUCA.

A Industria Química Aserquim Ltda. por su colaboración durante la realización de este proyecto.

A Mauricio Reyes, Gerente Comercial de Raisio Chemical, por su oportuna asesoría e

A todos los integrantes de Clayuca por su amabilidad y respeto.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT

A DIOS

A Juan Esteban porque su valiosa colaboración hizo posible la entrega de este proyecto.

A todas aquellas personas, instituciones que de una u otra manera contribuyeron en la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo y comprensión

María Cecilia Salcedo S

A mi familia por su apoyo y confianza en la
realización de todos mis proyectos

María del Pilar Acosta C.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1.. ASPECTOS GENERALES DE LAS DEXTRINAS	17
1.1 DEXTRINAS	17
1.2 PROPIEDADES DE LAS DEXTRINAS	19
1.3 ASPECTOS TECNOLÓGICOS	21
1.3.1 Mezcla del Catalizador.	22
1.3.2 Maduración.	22
1.3.3 Presecado.	22
1.3.4 Tostación o conversión.	22
1.3.5 Enfriamiento.	23
1.3.6 Rehumedecimiento.	23
1.3.7 Empaque.	23
1.4 APLICACIONES	23
1.5 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	26
1.5.1 Justificación.	26
1.5.2 Objetivos	27
1.6 METODOLOGÍA	28
1.7 LOGROS DEL PROYECTO	28
2.. INVESTIGACIÓN DE MERCADO	30
2.1 MERCADO GLOBAL DE YUCA Y ALMIDÓN DE YUCA	30
2.1.1 Mercado Global de Yuca.	30
2.1.2 Mercado Global de Almidón de Yuca.	33
2.2 MERCADO NACIONAL DE YUCA Y ALMIDÓN DE YUCA	40
2.2.1 Mercado Nacional de Yuca.	40
2.2.2 Mercado Nacional de Almidón de Yuca.	43
2.3 MERCADO GLOBAL DE DEXTRINAS	44

2.4	MERCADO NACIONAL DE DEXTRINAS	47
2.4.1	Importaciones y Exportaciones de Dextrinas en Colombia.	47
2.4.2	Compra y Venta de Dextrinas en Colombia.	51
2.4.3	Producción y consumo de Dextrinas en Colombia.	52
3..	ESTUDIO DE CAMPO	53
3.1	CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS CONSUMIDORAS DE DEXTRINAS SEGÚN SECTOR DE APLICACIÓN	53
3.2	SELECCIÓN DE LOS PRINCIPALES SECTORES DE APLICACIÓN	57
3.3	ENCUESTA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS APLICACIONES INDUSTRIALES EN LOS SECTORES SELECCIONADOS	58
3.4	RESULTADOS DE LA ENCUESTA	60
3.4.1	Resultados Relacionados con las Aplicaciones Industriales del Almidón nativo.	60
3.4.2	Resultados Relacionados con las Aplicaciones Industriales de Almidones Modificados	63
3.4.3	Resultados Relacionados con las Aplicaciones Industriales de la Dextrina	66
3.5	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE CAMPO	68
4..	SELECCIÓN DEL PRODUCTO A DISEÑAR	71
4.1	POSIBLES PRODUCTOS A DISEÑAR	71
4.1.1	Adhesivo para Cerrado de Cajas Corrugadas.	71
4.1.2	Adhesivo para Fabricación de Cores o Tubos de Cartón en Espiral.	71
4.1.3	Adhesivo para Fabricación de Bolsas de Papel y Sacos Multipliegos.	72
4.1.4	Adhesivo para Etiquetado de Botellas de Vidrio.	72
4.2	METODOLOGÍA SEGUIDA PARA SELECCIÓN DEL PRODUCTO	72
4.3	DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE SELECCIÓN	75
4.3.1	Delimitación del Problema y Fefinición de Alternativas.	75
4.3.2	Definición de los Criterios de Selección.	76
4.3.3	Ponderación Preferencial de los Criterios.	78
4.3.4	Evaluación de las Alternativas.	79
4.3.5	Resultados de la Calificación.	83

4.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	85
4.4.1	Análisis Parcial de las Calificaciones.	85
4.4.2	Análisis DOFA de los Productos.	87
4.4	PRODUCTO A DISEÑAR	94
5..	DISEÑO DEL PRODUCTO	95
5.1	SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE DISEÑO	95
5.2	HERRAMIENTA DE DISEÑO: DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE LA CALIDAD	97
5.2.1	Definición	97
5.2.2	Objetivo.	97
5.2.3	Procedimiento.	98
5.3	FASE PRELIMINAR	99
5.3.1	Determinación del Objetivo.	99
5.3.2	Formación del Equipo de QFD.	100
5.3.3	Determinación del Consumidor.	100
5.3.4	Determinación de la Competencia.	100
5.4	FASE I: PLANIFICACIÓN DEL PRODUCTO	100
5.4.1	Determinación de los Requerimientos del Consumidor (Que's).	101
5.4.2	Organización, Consolidación y Traducción de los Requerimientos del Consumidor.	105
5.4.3	Determinación del Grado de Importancia.	106
5.4.4	Evaluación del Consumidor.	107
5.4.5	Desarrollo del Historial de Quejas.	108
5.4.6	Establecimiento de Los Requerimientos de Diseño (Cómo's).	109
5.4.7	Organización de los Requerimientos de Diseño.	110
5.4.8	Realización de la Evaluación Técnica Competitiva.	111
5.4.9	Realización de la Matriz de relaciones entre requerimientos del consumidor y requerimientos de diseño.	111
5.4.10	Establecimiento de los Objetivos para los Requerimientos de Diseño (CUANTO's).	112

5.4.11	Realización de la Matriz de Correlación.	112
5.4.12	Determinación del Grado de Dificultad Organizacional.	113
5.4.13	Clasificación por Importancia Técnica de los Requerimientos De Diseño.	113
5.4.14	Análisis de la Matriz de Planificación de Producto.	114
5.5	FASE II: DESPLIEGUE DE LOS COMPONENTES	119
5.5.1	Transferencia de los Requerimientos de Diseño (Qué's).	119
5.5.2	Requerimientos de Diseño Funcionales.	119
5.5.3	Desarrollo de la Lista de Materiales (Cómo's).	120
5.5.4	Determinación de Las Características Críticas De Los Componentes.	121
5.5.5	Realización De la Matriz de Relaciones entre los Requerimientos de Diseño y los Componentes.	121
5.5.6	Análisis Y Diagnostico de la Matriz.	121
5.6	FASE III: PLANIFICACIÓN DE PROCESOS	123
5.6.1	Transferencia de las Características críticas de las Partes.	124
5.6.2	Determinación de restricciones del proceso.	124
5.6.3	Determinación de Proceso.	124
5.6.4	Construcción del Diagrama de Flujo Maestro	126
5.6.5	Determinación de los Parámetros Críticos del Proceso	126
5.7	FASE IV: PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	127
5.7.1	Transferencia de los Parámetros Críticos del Proceso.	127
5.7.2	Evaluación de la Operación.	127
5.7.3	Establecimiento de requerimientos de planificación.	127
6.	EVALUACIÓN FINANCIERA	130
6.1	SUPUESTOS	130
6.1.2	Demanda Potencial.	130
6.1.2	Demanda Específica.	131
6.1.3	Precios.	132
6.2	INGRESOS	133
6.3	EGRESOS	133
6.4	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	134

6.5	VALOR PRESENTE NETO (VPN)	135
6.6	ÍNDICE DE RENTABILIDAD (IR)	136
1347.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

LISTA DE TABLAS		Pág.
Tabla 1	Producción estimada de yuca para el 2005 de los cinco países más productores	30
Tabla 2	Proyección de la utilización de la yuca a nivel mundial	31
Tabla 3	Importaciones de yuca en la Unión Europea	32
Tabla 4	Resultados del análisis de Pareto de las importaciones de las tres categorías	55
Tabla 5	Calificaciones de las cuatro alternativas de adhesivos según los expertos participantes	83
Tabla 6	Numero de establecimientos, producción, empleo, valor agregado por tamaño de empresa. Envases, bolsas y cajas de papel y cartón	103
Tabla 7	Lista final de requerimientos del consumidor	106
Tabla 8	Lista final de requerimientos de diseño	111
Tabla 9	Requerimientos de diseño que satisfacen diversos requerimientos del consumidor	116
Tabla 10	Requerimientos de Diseño seleccionados	119
Tabla 11	Ventas estimadas en el período de evaluación	132
Tabla 12	Precios de venta en el período de evaluación	132
Tabla 13	Ingresos por venta en el período a evaluar	133
Tabla 14	Comportamiento de los cosos en el período a evaluar	134
Tabla 15	Flujo de caja al período a evaluar	134

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Hidrólisis y repolimerización durante la dextrinización del almidón	19
Figura 2	Cambios en las propiedades durante la producción de dextrinas amarillas.	21
Figura 3	Evolución de las importaciones de yuca en Estados Unidos	32
Figura 4	Distribución mundial de almidón por fuente en 1997	33
Figura 5	Relación entre los precios de almidón de maíz y las importaciones de almidones de otras fuentes en Estados Unidos.	34
Figura 6	Precios del Mercado global de almidones 1996-1998	35
Figura 7	Distribución de la industria de almidones en Europa	37
Figura 8	Distribución de los productos derivados de almidón en Europa	38
Figura 9	Distribución de la producción de yuca en el 2001 en Colombia	41
Figura 10	Producción nacional de yuca por regiones entre 1990 - 2001	41
Figura 11	Rendimientos del cultivo de yuca en Colombia por región en el período 1990 -2001	43
Figura 12	Importaciones de la Unión Europea	46
Figura 13	Exportaciones de almidones y derivados realizadas por la Unión Europea	46
Figura 14	Importaciones y exportaciones Categoría 1	48
Figura 15	Importaciones y exportaciones Categoría 2	49
Figura 16	Importaciones y exportaciones Categoría 3	50
Figura 17	Comportamiento del precio FOB promedio de importación	50
Figura 18	Comportamiento del precio FOB promedio de exportación	51
Figura 19	Compra y venta de dextrinas en Colombia	51
Figura 20	Producción y consumo de dextrinas en Colombia	52
Figura 21	Participación de las importaciones de cada categoría por sectores de aplicación	56
Figura 22	Participación consolidada de los sectores de aplicación de las dextrinas	57

Figura 23	Precio promedio de los almidones modificados	66
Figura 24	Estructura de la metodología de selección del producto a diseñar	74
Figura 25	Matrices obtenidas con el método de selección	84
Figura 26	Comportamiento de los productos frente a cada criterio de selección	86
Figura 27	Comportamiento de los productos frente al grupo de criterios de Selección	86
Figura 28	Planificación del Producto	101
Figura 29	Poblaciones para el diseño muestral	102
Figura 30	Diagrama de afinidad	108
Figura 31	Porcentaje en la producción total de los principales productos de envases y cajas de papel y cartón.	131

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A	Producción mundial de yuca
ANEXO B	Superficie cosechada, producción y rendimiento obtenido por departamento
ANEXO C	Formato de encuesta aplicada en el estudio de campo
ANEXO D	Tabla de aplicaciones industriales de los almidones encontrados en el estudio campo
ANEXO E	Formato para la ponderación de criterios según centro decisor
ANEXO F	Formato para la evaluación de las alternativas de adhesivos
ANEXO G	Hoja de soporte para evaluación de las alternativas de adhesivos
ANEXO H	Formato para la justificación de las calificaciones otorgadas por los expertos
ANEXO I	Matrices DOFA para cada producto
ANEXO J	Encuesta QFD
ANEXO K	Fase I: Matriz de Planificación del producto
ANEXO L	Matriz de relación causa-efecto
ANEXO M	Actividades grupo focal
ANEXO N	Matriz de correlaciones entre requerimientos del consumidor
ANEXO O	Matriz de despliegue de los componentes
ANEXO P	Aditivos más utilizados en la elaboración de adhesivos
ANEXO Q	Esquema ilustrativo del proceso de fabricación de adhesivo
ANEXO R	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de adhesivos
ANEXO S	Diagrama de flujo icónico del proceso de elaboración de adhesivos

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Funciones de las dextrinas en la industria	Pág. 24
Cuadro 2	Participación de cada departamento en la producción de yuca de 1990 a 2001.	42
Cuadro 3	Participación de las importaciones de cada categoría por sectores de aplicación	56
Cuadro 4	Estructura de la encuesta aplicada en el estudio de campo	59
Cuadro 5	Usos Industriales de los adhesivos	69
Cuadro 6	Ponderación Preferencial de los criterios	79
Cuadro 7	Niveles de Calificación para la evaluación de las alternativas de adhesivos	80
Cuadro 8	Expertos Participantes	83
Cuadro 9	Evaluación de las herramientas de diseño de producto	96
Cuadro 10	Pasos del Despliegue de la Casa de la Calidad	98
Cuadro 11	‘La voz del consumidor’. Datos típicos antes de procesar	105
Cuadro 12	Simbología para la evaluación técnica competitiva	107
Cuadro 13	Simbología y escala de valores para determinar las relaciones entre los QUÉ's y los CÓMO's	112
Cuadro 14	Simbología para el establecimiento de correlaciones	112
Cuadro 15	Importancia relativa de los requerimientos de diseño	114
Cuadro 16	Afinidad fuerte entre requerimientos del consumidor y requerimientos de diseño	115
Cuadro 17	Lista de los componentes seleccionados	121

INTRODUCCIÓN

Aunque la yuca es un cultivo autóctono de América Latina y el Caribe esta región aporta menos del 20% de la producción mundial y Colombia el 1%; las tendencias de producción dependen fuertemente de la evolución de Brasil, principal productor de la región. Su desarrollo se ha visto perjudicado principalmente por las políticas internacionales encaminadas a fomentar la producción y consumo de cereales y por la falta de apoyo de los gobiernos de los países productores.

Paradójicamente, Colombia es uno de los países más avanzados en cuanto a variedades mejoradas y manejo del cultivo; pues cuenta con uno de los centros mas importantes de investigación sobre la yuca como lo es el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT y dentro de este el Consorcio Latinoamericano y del Caribe de apoyo a la Investigación y al desarrollo de la yuca, CLAYUCA, entre otros organismos a nivel nacional, donde se han generado grandes avances en el mejoramiento del cultivo de la yuca que América Central, Asia y África han aprovechado más que el mismo país. Lo que les ha permitido posicionarse en el mundo como grandes productores y procesadores. En Colombia, este cultivo no se ha beneficiado de un modelo de desarrollo tecnológico que le permita ser competitivo a nivel internacional. En efecto, mientras en el mercado colombiano la yuca se destina básicamente al consumo humano de raíces frescas y a la obtención de productos de baja transformación como trozos secos, harinas, almidón agrio y recientemente su uso como snack, en el mundo entero se están buscando alternativas para darle un mejor aprovechamiento y en especial generar productos de mayor valor agregado para fines industriales en la industria de papel y cartón, textil, alimenticia y farmacéutica.

Actualmente, el gobierno está apoyando el desarrollo de la yuca dentro de la cadena productiva de maíz y soya y se ha promovido la creación de trapiches yuqueros para la producción de harina de yuca, inicialmente para destino a concentrados, los cuales incentivarán la producción de la yuca, con lo cual existe la oportunidad de explorar nuevos mercados que permitan tener al sector una mayor demanda de raíces para su uso en nuevos mercados. Es aquí, donde la Ingeniería Industrial tiene una 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. Adicionalmente, estas potencias han desarrollado procesos de producción eficientes, posicionándose a través de multinacionales o de alianzas, lo cual les ha permitido dominar el mercado mundial. En consecuencia, el maíz, la papa, el trigo mismos no son la competencia, sino las transformaciones asociadas a estos, la eficiencia de sus procesos y las características funcionales de sus productos de valor agregado.

Aunque los adhesivos para papel y cartón constituyen la principal aplicación de las dextrinas (modificadas por vía seca), estas son usadas con otras modificaciones en diversas ramas de la industria particularmente en el sector de alimentos y farmacéutico, mercados donde tienen un gran potencial dado sus usos específicos. En Colombia, existe un mercado potencial para uso de las dextrinas de yuca que no ha sido explorado y tiene una gran posibilidad de competir gracias a las ventajas comparativas de la yuca frente a sus sustitutos.

Al respecto, este estudio buscó contribuir con la promoción del desarrollo tecnológico del cultivo de la yuca a través de la identificación de mercados y productos en los cuales las dextrinas de yuca tienen aplicación. También contribuyó con el diseño de un producto con base en las necesidades identificadas en el estudio de mercado y finalmente se determinó la viabilidad económica de su producción a un escalado industrial.

La metodología seguida se basó en una investigación de mercado de las dextrinas que incluyó los ámbitos nacional y mundial. A partir de este estudio se logró concluir sobre aspectos relacionados con importaciones, exportaciones, consumo y producción. Para identificar las aplicaciones industriales en el ámbito nacional, se realizó un análisis más profundo de las importaciones que permitió determinar los principales consumidores de este insumo en Colombia. Una vez conocidos los usuarios, fue posible obtener los sectores de aplicación más importantes y recurrir a fuentes primarias para la identificación de las aplicaciones industriales de las dextrinas. Se llevó a cabo un estudio de campo dirigido a los principales sectores de aplicación determinando así los posibles productos que constituyen el mercado actual y potencial de las dextrinas. Posteriormente se desarrolló una metodología de selección que incluyó la consulta a expertos con el fin de evaluar las alternativas de productos frente a diversos criterios. Finalmente este método permitió la selección del producto diseñar.

A través de la metodología QFD se diseñó un producto acorde con las necesidades y expectativas del consumidor y finalmente se realizó un estudio de la viabilidad económica del proyecto.

1. ASPECTOS GENERALES DE LAS DEXTRINAS

El almidón es la reserva de energía de casi todas las plantas, sin embargo es muy abundante en las semillas, raíces y tubérculos. Consiste en una cadena de unidades D-glucopiranosil y tiene la fórmula general $(C_6H_{10}O_5)_n$. Tiene dos componentes principales: amilosa (fracción insoluble) entre 10-20% y amilopectina (fracción soluble) entre 80-90%. Es la materia prima de diversos productos de la industria y es el derivado más importante de la yuca. A pesar de que el almidón nativo¹ tiene varios usos industriales, a menudo las industrias requieren almidón modificado debido a las aplicaciones y funciones del mismo. Los almidones modificados tienen una amplia gama de aplicaciones a nivel industrial, las cuales se derivan de las propiedades de los gránulos de almidón tras su transformación por diferentes tratamientos físicos o químicos. La diversidad de productos obtenidos por modificación del almidón nativo, su valor comercial y altos volúmenes de consumo hace de estas opciones tecnológicas unas de las más atractivas para el desarrollo del sector yuquero en el país.

Los avances tecnológicos, en productos más desarrollados y específicos hacen necesarios almidones con mayor estabilidad tanto en altas como en bajas temperaturas, mayor resistencia a los esfuerzos mecánicos, mayor poder de adhesividad y mayor resistencia a factores estresantes. Además, muchas aplicaciones del almidón requieren gránulos solubles capaces de absorber gran cantidad de agua, dentro de este grupo se destacan las dextrinas. Durante la conversión a dextrinas del almidón los cambios más notables son la reducción de la viscosidad y el aumento de la solubilidad en agua fría, permitiendo así obtener soluciones con mayor contenido de sólidos a baja viscosidad. En este capítulo se presentan los aspectos más relevantes de las dextrinas.

1.1 DEXTRINAS

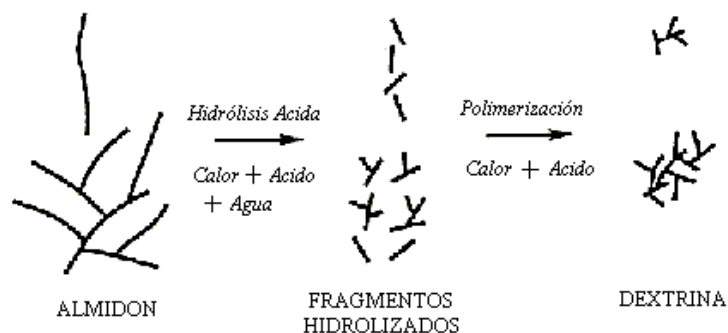
En su definición más simple, una dextrina es un almidón modificado, producto de la degradación del almidón obtenido por efecto químico, térmico o enzimático. Las dextrinas se obtienen calentando el almidón en presencia de enzimas o de catalizadores ácidos o

¹ Almidón nativo: consiste en un almidón al cual no se le ha realizado ninguna modificación.

alcalinos. Este es un proceso degradativo parecido a la hidrólisis pero de menor intensidad. Los cambios más notables que tiene el almidón durante la conversión a dextrinas son la reducción de la viscosidad y aumento de la solubilidad en agua fría. Las dextrinas pueden clasificarse en cuatro grupos, las maltodextrinas obtenidas por acción enzimática, el segundo grupo lo constituyen las dextrinas de *Schardinger* producidas por la acción del *Macerans bacillus* sobre el almidón. El tercer grupo lo conforman las dextrinas por hidrólisis ácida en medio acuoso, finalmente, el último grupo son las pirodextrinas obtenidas por acción de calor y/o ácido sobre el almidón. La manufactura dependiendo del tipo puede ser realizada por dos vías: vía húmeda y vía seca.

- **Vía Húmeda.** El almidón se dispersa en agua y es calentado en presencia de un catalizador o tratado con enzimas. Generalmente, las dextrinas obtenidas por esta vía reciben el nombre de *maltodextrinas*. En este caso se obtiene un jarabe que es filtrado, refinado y secado por atomización. Estas dextrinas son, por lo general, usadas en la industria de alimentos.
- **Vía Seca.** El almidón es calentado sólo o con pequeñas cantidades de un catalizador, son llamadas *dextrinas de torrefacción o pirodextrinas* para diferenciarlas de aquellas dextrinas producidas por procesos hidrolíticos. Cuando el almidón seco se calienta experimenta una serie progresiva de cambios irreversibles. El mecanismo de conversión de las pirodextrinas es complejo e involucra una serie de procesos entre los que se destacan principalmente la ruptura hidrolítica, re-arreglo de las moléculas y repolimerización, véase la Figura 1. Todas las variaciones en la estructura producen solamente dos cambios característicos. Uno es el tamaño de la molécula; el otro es, esencialmente, 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 de la dextrina.

Figura 1. Hidrólisis y repolimerización durante la dextrinización del almidón



Fuente: Estudio de la dextrinización del almidón de yuca por vía seca

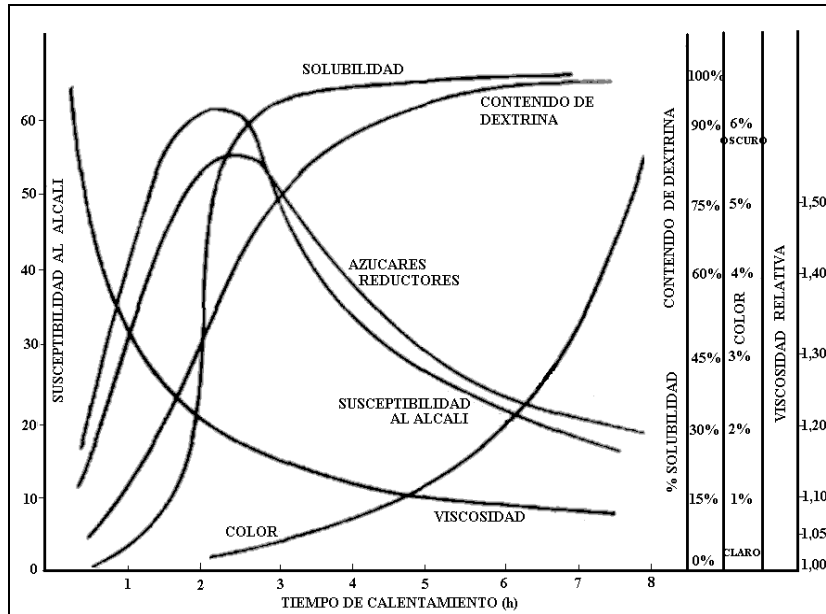
Las pirodextrinas pueden ser de tres clases: dextrinas blancas, dextrinas amarillas y gomas británicas. Cada una tiene características propias de color, viscosidad y solubilidad. Dependiendo de los tiempos y temperaturas de proceso y de los niveles de catalizador utilizados, las dextrinas pueden ser total o parcialmente solubles en agua fría y dar soluciones de viscosidad relativamente baja. La vía seca que requiere menos etapas de proceso y consumo energético lo que la hace menos costosa y ambientalmente compatible por la ausencia de efluentes.

1.2 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 desciende 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 azucars 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 2. Cambios en las propiedades durante la producción de dextrinas amarillas



Fuente: Modified Starches: Properties and Uses.

1.3 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 dextrans*. 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.

1.3.1 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.

1.3.2 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.

1.3.3 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%.

1.3.4 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.

1.3.5 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.

1.3.6 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.

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

1.4 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 arábiga 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 1. 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

1.5 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.5.1 Justificación. A continuación se presentan los aspectos por los cuales se considera pertinente desarrollar el presente proyecto.

- Colombia es por tradición un país agrícola con grandes posibilidades de crecimiento económico en un sector que se ha tenido olvidado y al cual no se la ha dado la importancia que se merece. Actualmente, el gobierno esta apoyando en gran medida el desarrollo de este sector con programas como las cadenas competitivas, a través de la construcción de trapiches yuqueros² que permitirán mejorar la posición de la yuca en varias regiones del país. La yuca es uno de los productos de consumo más importantes del país, con 190.197 hectáreas y una producción anual de 1'980.110 toneladas en el 2001. Además, debido a sus características este cultivo no requiere técnicas sofisticadas de producción, e incluso genera buen rendimiento en condiciones de baja fertilidad del suelo, dada su tolerancia y gran flexibilidad a diferentes condiciones climatológicas.

- El estudio permitirá tener las bases para el establecimiento de una nueva actividad agroindustrial basada en un cultivo local; contribuyendo al desarrollo de capacidades

² Trapiche yuquero en Valencia. En: Avicultores. Bogotá. No 95. Abril 2003. p 34-37.

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 realizados³ 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.

1.5.2 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 Colombia.

³ 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.

- 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 definida.

1.6 METODOLOGÍA

Dado que el proyecto involucró un estudio de mercado y el diseño de un producto, la metodología seguida consistió inicialmente en una investigación de mercado, posteriormente se llevo a cabo un estudio de campo y se seleccionó el producto a diseñar utilizando el método Delphi, finalmente se realizó un diseño de producto con la herramienta QFD.

La investigación de mercado comprendió un diagnóstico de la situación actual de los mercados de yuca, almidón de yuca y dextrinas a nivel nacional y global. Se realizó un estudio del registro de importaciones de Mincomex, con el cual se obtuvieron a través de filtros las mayores empresas importadoras de dextrinas o productos afines; luego se hicieron entrevistas y visitas a las empresas obtenidas en la etapa anterior. Esta última fase se denominó estudio de campo, en esta se obtuvieron las aplicaciones más importantes de las dextrinas en el país.

Para la selección de los posibles productos a diseñar se utilizó el método Delphi a través del cual un número de expertos calificó las opciones de acuerdo a distintos criterios.

El diseño del producto se hizo a través de la herramienta QDF, o Despliegue de la Función de Calidad, asegurando el conocimiento completo de los deseos de los consumidores.

Finalmente, se hizo una validación de los resultados por medio de un desarrollo experimental y se determinó la viabilidad económica del producto diseñado.

1.7 LOGROS DEL PROYECTO

Los logros obtenidos en el proyecto son en su orden los siguientes:

- Revisión del mercado global y nacional, raíces almidones y dextrinas de yuca, obteniendo así panorama de la situación actual de estos productos.

- Estudio de las aplicaciones más importantes de las dextrinas en Colombia.
- Selección de las aplicaciones más viables de las dextrinas en el país.
- Adaptación de una metodología de selección que puede aplicada en otros proyectos que impliquen selección.
- Adaptación de una herramienta de diseño útil para el desarrollo de nuevos productos en la organización que patrocinó en proyecto, CLAYUCA, con la cual es posible obtener productos de pertinencia en el sector y donde se tiene en cuenta la voz del consumidor.
- Diseño de un adhesivo a partir de dextrina de yuca obedeciendo a las necesidades del mercado,
- Estudio de la factibilidad económica de la producción de adhesivos de dextrina de yuca.

2. INVESTIGACIÓN DE MERCADO

En este capítulo se presentan los aspectos más relevantes de la producción, el comercio y los usos que tienen las raíces, el almidón y los almidones modificados particularmente dextrinas de yuca en las regiones más importantes del mundo y en Colombia.

2.1 MERCADO GLOBAL DE YUCA Y ALMIDÓN DE YUCA

2.2.1 Mercado Global de Yuca. La utilización de yuca a escala global se estima en 166,5 millones de toneladas y se espera que se incremente hasta alcanzar 208,8 millones de toneladas en el año 2005, con un crecimiento anual de 2,3%, y 291 millones para el 2020. El Anexo A, muestra la producción mundial de yuca; se destaca que África a pesar de sus bajos rendimientos es la mayor región productora.

Se estima que en el 2005 la producción estará distribuida entre las tres regiones productoras así: África con 114 millones de toneladas, América Latina y el Caribe con 36 millones de toneladas y Asia con 58 millones. Además, el 70 % de la producción mundial de yuca, tal como ocurre actualmente, seguirá concentrada en cinco países: Nigeria, Brasil, Tailandia, Indonesia y la República Democrática del Congo. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Producción estimada de yuca para el 2005 de los cinco países más productores

País	Producción (t)
Nigeria	41.783.000
Republica del Congo	27.395.000
Brasil	26.886.000
Indonesia	20.378.000
Tailandia	18.948.000
Total	135.390.000

Fuente: La economía mundial de la yuca. Hechos, tendencias y perspectivas. IFAD 2000

En el decenio de 1990 el comercio mundial de productos de yuca excluido el comercio entre países de la UE ha oscilado entre 10 y 19 millones de toneladas equivalente a raíces de yuca fresca. El comercio de la yuca es bastante limitado debido a la voluminosidad y carácter perecedero de las raíces, por ello se reduce casi a intercambio

entre países limítrofes. Si bien la producción esta centrada en cinco países, las exportaciones sólo lo están en dos: Tailandia e Indonesia quienes son los principales proveedores de yuca en el mercado mundial, con el 80% y el 10% del comercio total respectivamente. El porcentaje restante procede de pequeños exportadores de Asia, África y América latina, de países como Ghana, Madagascar, Nigeria, Tanzania, China, Vietnam y Brasil.

La FAO clasifica la utilización de la yuca en tres categorías: alimentación (consumo humano), pienso (alimentación animal) y almidón de yuca y otros usos. Ver Tabla 2.

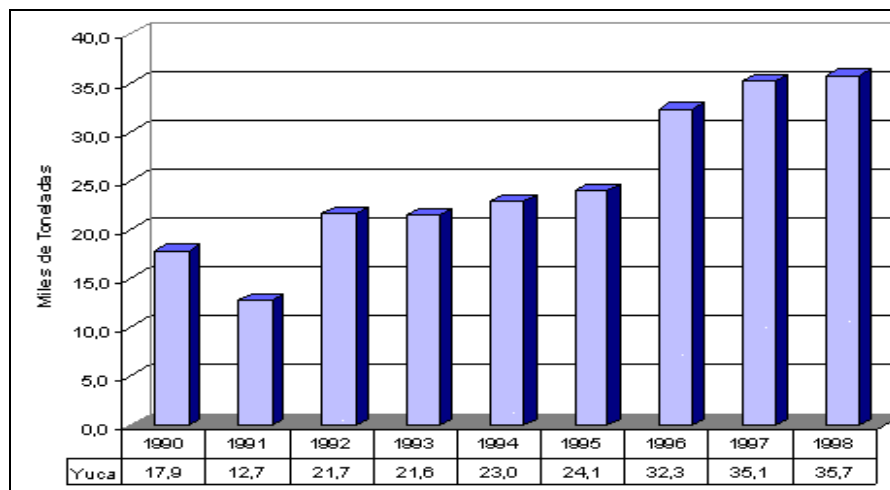
Tabla 2. Proyección de la utilización de la yuca a nivel mundial

	Utilización de la yuca (%)	
	Actual	2005
Alimentación	59	59
Pienso	24	22
Otros usos	17	19

Fuente: Las Autoras. Con base en el informe Global Cassava end-uses and markets: current situation and recommendations for further study.

La Unión Europea es el principal destino de los productos de yuca que son objeto de comercio, especialmente la yuca en trozos y en gránulos para la industria de alimentación animal. Aunque desde mediados de los años ochenta han aparecido mercados alternativos en el lejano oriente y la ex URSS, el comercio de la yuca sigue dependiendo en gran medida de las importaciones de la Unión Europea. Desafortunadamente, la UE ha aumentado las leyes para protegerse de las importaciones y ha estado subsidiando las exportaciones. Altas cuotas convenidas en la Política Agrícola Común, (PAC) están siendo usadas para proteger la industria de los países de la UE, lo cual evidentemente afecta de manera negativa las exportaciones de regiones como Asia y África. Igualmente, el descenso en las importaciones se ha dado por la baja en los precios de los cereales, que han sustituido en gran parte a la yuca seca en trozos y en gránulos como insumo para la alimentación animal. La Figura 3 y la Tabla 3 ilustran la situación de las importaciones en Estados Unidos y Europa.

Figura 3. Evolución de las importaciones de yuca en Estados Unidos



Fuente: Corporación Colombia Internacional

Tabla 3. Importaciones de yuca en la Unión Europea

ORIGEN											
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998*	1998 %	Crec. 90-98** %
TOTAL	2,161	2,264	2,857	3,409	3,483	4,025	5,003	4,708	4,994	100	10.2
Costa Rica	1,517	1,635	2,524	2,503	2,748	3,485	4,089	4,101	4,241	85	13.2
Ghana	59	33	16	92	125	89	220	241	377	8	19.2
Ecuador	0	0	0	0	5	76	219	230	112	2	
Otros	585	596	317	814	605	375	475	136	264	5	-16.7
DESTINO											
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998*	1998 %	Crec. 90-98***%
TOTAL	2,161	2,264	2,857	3,411	3,483	4,025	5,003	4,708	4,994	100.0	10.2
Holanda	1,199	1,316	1,993	1,835	2,466	2,466	3,423	2,711	2,335	46.8	10.7
Inglaterra	805	888	743	1,076	968	1,183	952	955	1,370	27.4	2.2
Francia	151	49	112	71	34	293	552	755	940	18.8	22.3
Otros	6	11	9	429	15	83	76	287	349	7.0	62.2

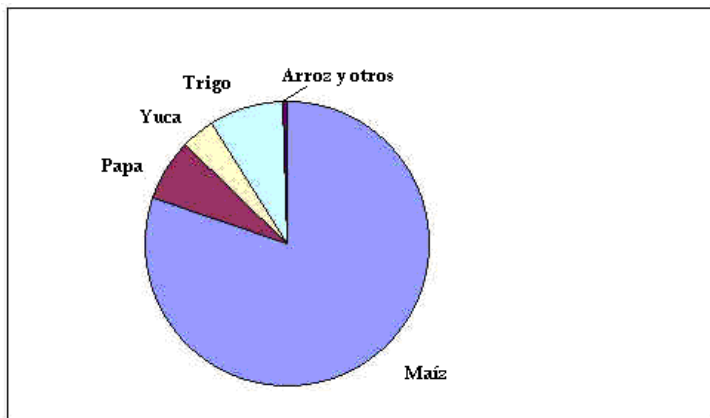
Fuente: Corporación Colombia Internacional

* No incluye los datos de Irlanda en el mes de diciembre

** Promedio anual

2.1.2 Mercado Global de Almidón de Yuca. La yuca es la cuarta fuente principal de producción de almidón después del maíz, el trigo y la papa. Ver Figura 4.

Figura 4. Distribución mundial de almidón por fuente en 1997



Fuente: International Starch Institute

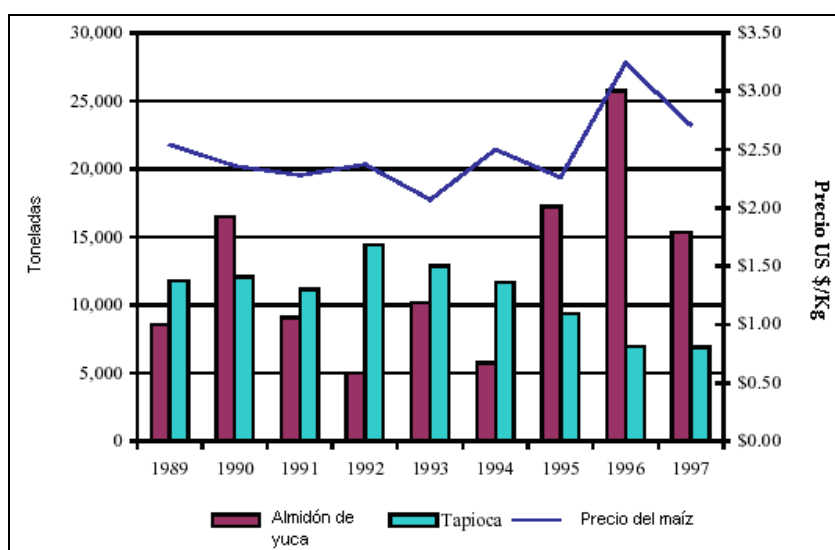
El almidón se clasifica en tres categorías de acuerdo a su uso o su procesamiento: nativo, hidrolizado y modificado. Existen dos tipos de industrias consumidoras de almidón: las alimenticias y las no alimenticias. En las industrias alimenticias se destaca el uso en panadería y pastelería, sopas, helados pastas, etc., mientras que en la industria no alimenticia, el almidón se usa generalmente modificado en sectores como papel, textil, y farmacéutico.

El mercado global de almidones representa alrededor de 33 millones de toneladas anuales, de los cuales aproximadamente el 10% corresponde al almidón de yuca, con un crecimiento anual de 3,1% en la demanda según la FAO. En el período comprendido entre 1980 y 1997 se registró un crecimiento anual de 4,7%. Los principales importadores de almidón de yuca son en orden de importancia: Japón, Taiwán, Hong Kong, China, Indonesia, Malasia, Singapur, Estados Unidos y Filipinas.

Los mayores importadores de dextrinas y otros almidones modificados son Asia y América Latina, con volúmenes de importación que alcanzan valores del orden de US \$ 3'859.000. En cuanto a las exportaciones el 95% es realizado por tres países: Tailandia, quien exporta alrededor del 85%, Indonesia y Brasil abarcan el 10% restante.

Los precios del almidón de yuca dependen en gran medida de los precios de sus sustitutos, especialmente de los almidones de maíz. La Figura 5 ilustra esta situación en Estados Unidos. En esta se ve claramente que cuando el precio del almidón de maíz sube, las importaciones de almidón de yuca lo hacen también. Efectivamente, en 1996 cuando se registró una gran alza en los precios del maíz en el ámbito mundial, se dispararon las importaciones de almidón de yuca.

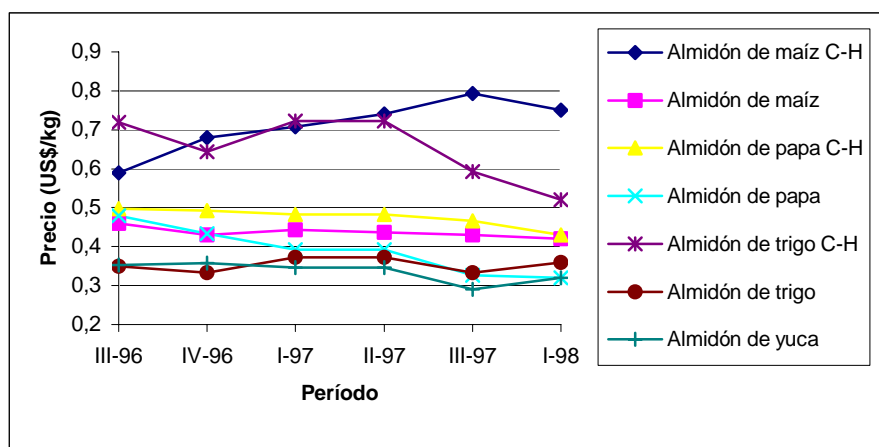
Figura 5. Relación entre los precios de almidón de maíz y las importaciones de almidones de otras fuentes en Estados Unidos.



Fuente: Business opportunities for the use of cassava

En cuanto a los precios de las transacciones se destaca que los almidones de yuca tienen precios muy competitivos, alrededor de 0,3 US \$/kg, mientras que los demás almidones se transan a precios por encima de este valor, especialmente el maíz que se compra a precios alrededor de 0,7 US \$/ kg. Ver Figura 6. Sin embargo, es pertinente destacar que el precio de almidón de yuca ha disminuido considerablemente en los últimos años, ya que en años anteriores a 1996 su precio oscilaba alrededor de 0,6 US \$/kg, y en 1992 alcanzó su valor más alto, 0,74 US \$ / Kg.

Figura 6. Precios del Mercado Global de Almidones 1996-1998 (CIF US ports, US \$/Kg)



C-H: Consumo Humano

Fuente: Las Autoras, con base en Business opportunities for the use of cassava.

A continuación se detallan aspectos relacionados con el comercio de la yuca y el almidón de yuca en las principales regiones productoras.

▪ **África**

En África alrededor del 88% de la yuca se usa para consumo humano, sin embargo existe un creciente interés en incorporar entre los usos de la yuca el consumo destinado a la alimentación animal. Aunque la alimentación animal representa solamente 6%, este porcentaje ha venido aumentando en los últimos años paralelamente al crecimiento de la producción ganadera. Aunque en este continente la yuca se cultiva en 39 países, casi el 70% de la producción de la región procede de Nigeria, la República Democrática del Congo y Tanzania. A pesar de producir casi el 50 % de la producción mundial, los rendimientos son muy inferiores (9,5 kg /ha) a los niveles que podrían alcanzarse, lo cual se debe en gran medida a que la yuca es cultivada por pequeños campesinos en rotación con otros cultivos y en zonas muy densamente pobladas.

En África se han establecido recientemente industrias de almidón de yuca en países como Uganda, Tanzania y Madagascar, sin embargo, actualmente estas no están en funcionamiento. En Malawi la industria de papel y cartón ha manifestado interés en comprar 1,5 millones de toneladas de almidón de yuca diarias para adhesivos.

Igualmente, las industrias de dulces y procesadoras de alimentos desean adquirir almidones locales.

▪ ***América Latina***

En América Latina y el Caribe la yuca está en una etapa de transición para convertirse en insumo de la industria y venderse como producto orientado al mercado. A pesar de ser un cultivo autóctono de estas regiones América Latina y el Caribe sólo contribuyen con menos del 20% de la producción mundial. Las tendencias de producción de la región dependen fuertemente de la evolución en el Brasil, ya que los demás países productores (Colombia, Paraguay, Perú, Ecuador y Panamá) se sitúan muy por debajo de los niveles de Brasil. Efectivamente, se estima que en el 2005 la producción de Brasil alcanzará los 26' 886.000 de toneladas, mientras que Colombia y Paraguay producirán respectivamente 2' 456.000 y 3' 074.000, donde el 60-70% de la yuca esta destinado a la preparación de alimentos para humanos. La industria del almidón esta creciendo significativamente; en países como Brasil, Colombia, Venezuela y recientemente Paraguay. Durante la última década la utilización de la yuca como insumo para alimentación animal ha aumentado especialmente en Colombia, Brasil, Ecuador, Bolivia y Perú. Recientemente, en Colombia y Brasil se ha dado a la yuca uso como snack. Finalmente, Costa Rica es el líder en exportaciones de raíz fresca a Estados Unidos y Europa, que es consumida principalmente por los grupos étnicos radicados en esas regiones.

En general, se percibe al interior de las industrias una tendencia a alejarse de los almidones nativos y encaminarse hacia los almidones modificados o hidrolizados. Sin embargo, las fábricas productoras de almidón suelen ser pequeñas y no se dispone de un suministro regular de raíces para la elaboración del almidón.

▪ ***América del Norte***

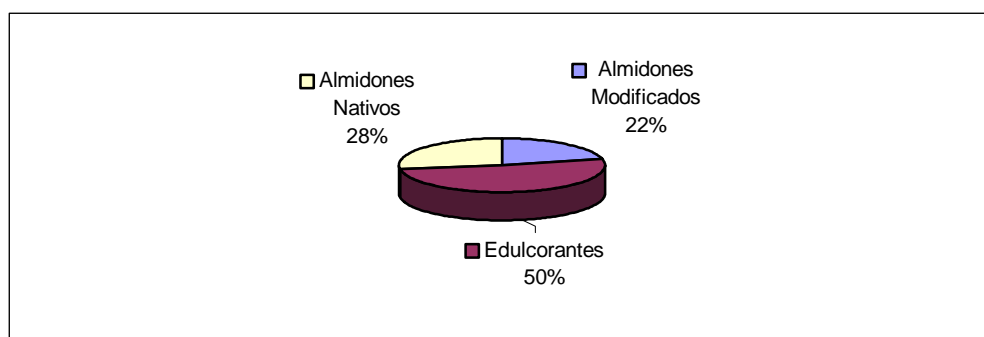
En América del Norte las importaciones de almidón de yuca han ido disminuyendo progresivamente, desde 1960 lo que se debe notablemente a la introducción de una variedad de maíz con propiedades similares a las de la yuca (maíz waxy). Mientras que en los años 60 las importaciones de almidón de yuca en Estados Unidos eran del orden de 160.000 toneladas, actualmente el volumen de importación es de alrededor de 13.555 toneladas anuales. Este valor contrasta con la producción anual de almidón de maíz, que

alcanzó en 1997 los 2,7 millones de toneladas. Sin embargo, esta producción no es suficiente ya que la industria refinadora de maíz de los Estados Unidos, consume 46 millones de toneladas anuales. En Estados Unidos el maíz es usado principalmente en la producción de fructosa, etanol, glucosa y dextrosa. En términos generales, el 75 % del almidón se destina para usos industriales, mientras que el 25% corresponde a la industria alimenticia. De acuerdo a lo anterior las posibilidades para el almidón de yuca en esta región son limitadas, a pesar de que estos poseen buenas propiedades. Sin embargo, las mayores limitaciones de los almidones de yuca radican en los precios y en la preferencia de las industrias por los almidones locales, notablemente debido a las barreras impuestas por las grandes empresas productoras de almidones de maíz.

▪ **Europa**

En Europa el almidón de yuca representa un pequeño porcentaje de los almidones usados, pero se destaca un creciente interés por el almidón de yuca como fuente alternativa, lo cual se manifiesta a través de la incursión de compañías Europeas en Asia usando la forma de joint ventures. El almidón en Europa proviene en un 21% de trigo, en un 33% de maíz y en un 46% de papa. Sin embargo, en los últimos años el porcentaje de almidón proveniente del trigo pasó a 35%, casi alcanzando al porcentaje de maíz, lo cual tiene su origen en los costos del trigo. Cuatro compañías Celestar, Roquette, Amylum y Abeve proveen el 80 % de los 7,3 millones de toneladas de almidón producidas en Europa. La distribución de la industria de almidones europea se muestra en la Figura 7.

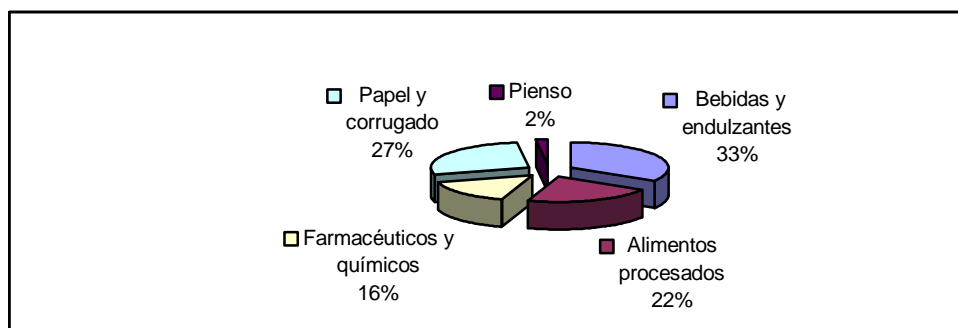
Figura 7. Distribución de la Industria de Almidones en Europa



Fuente: Las Autoras. Con base en Global Cassava end-uses and markets: current situation and recommendations for further study.

La industria que más usa almidón es la de dulces y bebidas, seguida de la industria de papel y corrugado. La distribución de los productos derivados de almidón en esta región se presenta en la Figura 8.

Figura 8. Distribución de los productos derivados de almidón en Europa



Fuente: Business opportunities for the use of cassava

Los estudios realizados han identificado dos oportunidades para el almidón de yuca en Europa. La primera, a través del ofrecimiento de productos a menor precio, lo cual se puede lograr con la mejora de cosechas, de suelos, y variedades. La segunda consiste en la explotación del almidón de yuca en nichos de mercado en los cuales no han sido explorados lo suficiente y que actualmente están siendo objeto de investigación. Entre estos se destacan la industria farmacéutica y el sector alimenticio, especialmente el de comidas preparadas como salsas, pudines, sopas, mermeladas y gomas. No obstante, es importante intensificar la investigación sobre otras aplicaciones en el sector no alimenticio.

▪ **Asia**

En Asia existe poco consumo de yuca fresca, y se produce más almidón. El 70% de la producción de yuca se origina en Indonesia y Tailandia. El 40% de la producción se destina a la alimentación humana, mientras que el 6% se destina para la utilización industrial y el 8% se desperdicia o se pierde. En Malasia y Tailandia las raíces de yuca se usan básicamente para fabricar almidones y en la industria del pienso, pero en los últimos años se ha incrementado el consumo de tallarines y productos de pastelería elaborados con yuca. En China y Vietnam la demanda de almidones ha generado aumento en la demanda de raíces. En Filipinas el uso más frecuente que se le da a la yuca es en la elaboración de trozos secos para exportación. La mayoría de las industrias de almidón de yuca están ubicadas en Asia, donde la transformación se lleva a cabo en grandes fábricas

existentes en Tailandia, Vietnam y China. Efectivamente, mientras que en la mayor parte de las regiones apenas se ha explorado la posibilidad de utilizar la yuca como insumo en los procesos manufactureros, Tailandia ha promovido el desarrollo de la industria de almidón de yuca para satisfacer sus necesidades internas y con fines de exportación. Así Tailandia posee la industria más dinámica e importante de almidón de yuca; seguida de las industrias de Indonesia, China, India y Vietnam. En Tailandia, se han establecido desde 1990 industrias para la producción de almidón modificado, en muchos casos en forma de empresas mixtas con compañías japonesas. Actualmente, la producción de almidón tailandés alcanza los dos millones de toneladas anuales, de los cuales solo un tercio se consume en el país, el resto se exporta. Mientras que Tailandia produce con fines de exportación, Indonesia e India lo hacen también para consumo interno. China y Vietnam son países relativamente nuevos en la producción de almidón, este último con fines de exportación y centrado básicamente en las industrias farmacéuticas, de bebidas y alimentos.

En China el almidón de yuca se elabora en el contexto familiar y se utiliza principalmente para producir tallarines y glutamato monosódico (aromatizante usado en la cocina asiática). Otros usos son los edulcorantes como el jarabe de glucosa y la maltosa. En Vietnam la industria de elaboración de alimentos es el segundo consumidor más importante de yuca del país, con 25.000 toneladas de yuca seca aproximadamente, para fabricar pan, virutas de arroz y pasteles. En India el almidón se requiere para la fabricación de glucosa, dextrina y en la industria textil.

Para finalizar, es importante resaltar que en general los almidones se ven enfrentados por un lado a altas barreras de entrada en los nuevos mercados en toneladas y por otro no es fácil sostenerse en los mercados actuales. De esta forma las importaciones se han visto afectadas debido a los aranceles y cuotas de restricción impuestas por ciertos países. Además, los almidones asiáticos están compitiendo con almidones provenientes de multinacionales de Estados Unidos y Europa, las cuales han entrado recientemente en el mercado de la yuca a través de joint ventures, especialmente en el sur-este asiático y en menor proporción en Latinoamérica, por lo que se cree que en el futuro cercano el mercado de los almidones de yuca será abastecido por grandes multinacionales. Si bien la entrada de almidones de yuca esta siendo restringida en varias regiones y se denota una creciente competencia para los mismos, los productos derivados de almidón de yuca

tienen un gran potencial. Sus propiedades lo hacen adecuado para producir comida para bebés, productos no alergénicos y comida para personas hospitalizadas. Además, debido a que este almidón se puede modificar puede competir con almidones derivados de otras fuentes en la producción de alcohol, pegantes, endulzantes, productos biodegradables, butano, acetona, explosivos, y como aprestos para las industrias del papel y textil. Por lo tanto, la mayor oportunidad de competir contra almidones provenientes de otras fuentes se obtiene concentrándose en hacer productos innovadores y competitivos, en términos de calidad y costo, para lo cual es necesario invertir en investigación y desarrollo.

2.2 MERCADO NACIONAL DE YUCA Y ALMIDÓN DE YUCA

2.2.1 Mercado Nacional de Yuca. Colombia es el tercer productor de yuca en América Latina, después de Brasil y Paraguay, produciendo 1'980.110 toneladas con un rendimiento promedio de 10,4 t/ha en el 2001. En Colombia, la yuca es considerada un cultivo de pequeña escala, sembrado por pequeños agricultores que genera alrededor de casi 100.000 empleos. Es un cultivo típico de economía campesina, presentando un promedio de área sembrada por finca que oscila entre una y cinco hectáreas, una oferta atomizada y sistemas de producción atrasados. Gran parte de su producción se orienta hacia el mercado en fresco, es decir que de la producción total alrededor de 65-70% se vende en forma de raíces frescas para consumo humano. Según la información del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la producción nacional se concentra en la Costa Atlántica⁴, que en el 2001 participó con cerca del 38% del total nacional, seguida por los Santanderes⁵ (16%), Eje Cafetero⁶ (2%), Valle – Cauca (5%) y Llanos Orientales y Amazonía⁷ (13%), Antioquia (7%) y otros⁸ que produjeron el 22%. Ver Figura 9.

⁴ Incluye los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Magdalena y Sucre.

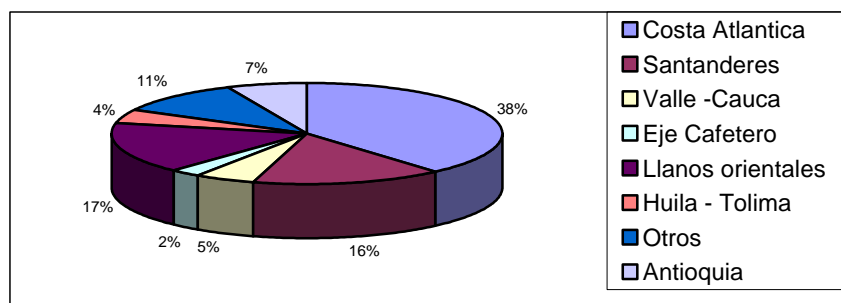
⁵ Incluye los departamentos de Santander y Norte de Santander.

⁶ Incluye los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda.

⁷ Incluye los departamentos de Arauca, Caquetá, Casanare, Meta, Amazonas, Guainía, Guaviare, Putumayo, Vaupés y Vichada.

⁸ Incluye los departamentos no mencionados anteriormente

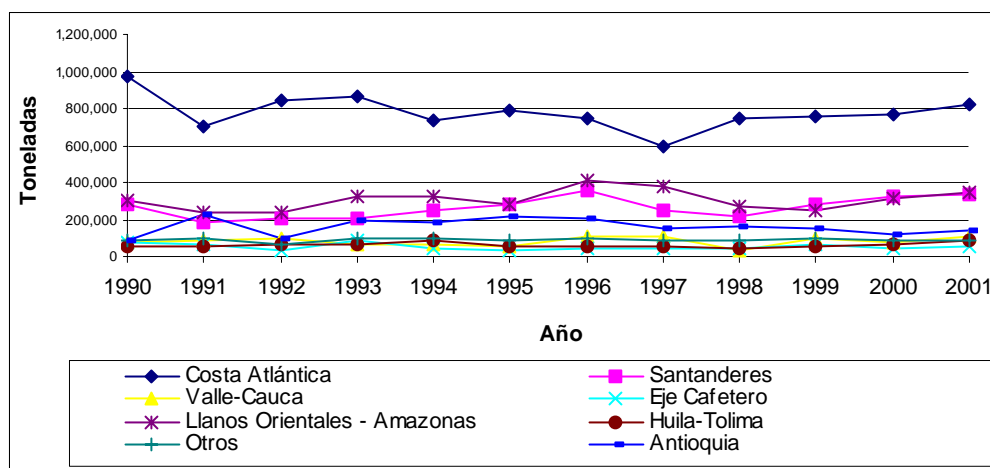
Figura 9. Distribución de la Producción de Yuca en el 2001 en Colombia



Fuente: Las Autoras, con datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

La producción en el país no muestra una tendencia marcada pero en términos generales la producción nacional de yuca ha aumentado en los últimos años, pasando de 1'645.213 toneladas en 1990 a 1'980.110 toneladas en el 2001, es decir aumentando sólo un 2% en 11 años. Ver Figura 10 y Cuadro 2. En 1998 se produjeron 1'598.166 toneladas, la cifra más baja reportada en los últimos diez años, que refleja una caída del 4% en la producción frente a 1997 y de 20% frente a 1996. La Costa Atlántica es sin lugar a dudas, la región más productora del país. Esta región contribuye con más del 40% de la producción nacional. En 1990 y 1992 produjo el 50% de la yuca del país. Los departamentos con mayor producción en el 2001 fueron en orden de importancia Bolívar (13%), Córdoba (11%), Santander (10%) y Antioquia y Norte de Santander con 7%.

Figura 10. Producción Nacional de Yuca por Regiones 1990 -2001



Fuente: Las Autoras. Con base en datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Cuadro 2. Participación por departamento en la producción de yuca entre 1990 y el 2001

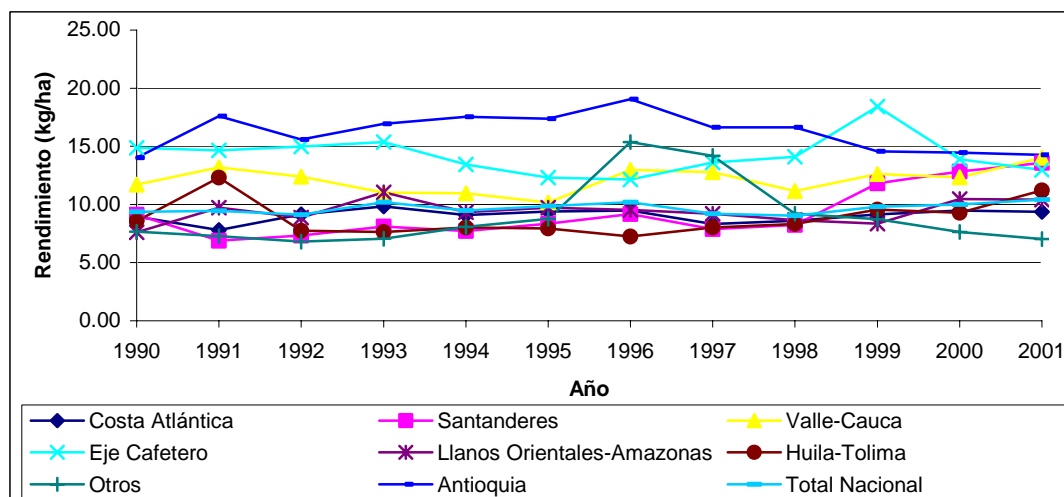
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Costa Atlántica	50%	43%	51%	46%	41%	44%	37%	35%	46%	43%	43%	41%
Santanderes	14%	11%	12%	11%	14%	16%	18%	15%	13%	16%	18%	17%
Valle –Cauca	4%	5%	6%	3%	4%	3%	5%	7%	2%	6%	4%	5%
Eje Cafetero	4%	4%	2%	4%	3%	2%	2%	3%	2%	3%	2%	3%
Llanos orientales	16%	14%	14%	17%	18%	16%	20%	23%	17%	14%	17%	18%
Amazonas												
Huila-Tolima	3%	3%	4%	4%	5%	3%	2%	3%	3%	3%	3%	5%
Antioquia	5%	14%	6%	10%	10%	12%	10%	9%	10%	9%	7%	7%
Otros	4%	6%	4%	5%	5%	5%	5%	5%	6%	5%	5%	4%

Fuente: Las Autoras con datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Los rendimientos del cultivo oscilan entre 9 y 10 t/ha, sin embargo entre los departamentos existen diferencias muy marcadas. Así por ejemplo, en el 2001 el departamento con mayor rendimiento fue Valle, con 18,3 t/ha, muy por encima del rendimiento promedio de ese año (10,4 t/ha), a pesar de que su producción no alcanzó el 1% del total del país para ese año. Este es el mismo caso del departamento de Vaupés, el cual ocupa el segundo lugar en rendimiento (17,4 t/ha) y cuya producción tampoco alcanza el 1%. Ver Anexo B. En el caso del Valle, esto podría explicarse por el uso de variedades mejoradas que en algunos casos pueden llegar a alcanzar productividades superiores a las 25 t/ha. Incluso a nivel experimental se han llegado a obtener rendimientos de 84 t/ha⁹ En contraste, se presentan casos contrarios, como Sucre cuyos rendimientos muy inferiores al promedio nacional en el 2001, (8,5 t/ha) no le impidieron producir aproximadamente el 6% del total nacional. También, se resalta que el departamento de Antioquia esta por encima del promedio nacional, superándolo casi en el doble. En la región de los Santanderes, los rendimientos han aumentando en un 50% desde 1990 hasta el 2001. El caso de la Costa Atlántica es de especial interés ya que si bien es la región más productora, sus rendimientos no son muy elevados y están ligeramente por debajo del promedio nacional. Ver Figura 11.

⁹ Registrado en Septiembre del 2001 con la variedad SM-1433-4 sembrada en Cienaga de Oro (Córdoba).

Figura 11. Rendimientos del Cultivo de Yuca por Región en el Período 1990 -2001



Fuente: Las Autoras, con datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

En las plazas mayoristas de Colombia se negocian tres variedades de yuca fresca: la chirosa, la común o criolla y la ICA. Estas se diferencian en su origen, ya que provienen de diferentes zonas del país, sin embargo la más apetecida es la chirosa, que se comercia precios más altos que las otras dos. Los datos obtenidos del Ministerio de Agricultura a través de la base de datos SIPSA, revelan que para el mes de enero de 2004 el precio promedio al cual se transa la yuca oscila entre 400 y 1200 \$/kg, siendo Bogotá la ciudad donde se registran los mayores precios.

Los cultivos de yuca para consumo humano se localizan en áreas próximas a los centros de consumo, en climas medios y cálidos y en suelos de todas las características. Las áreas de yuca con destino industrial y para alimentación animal se sitúan en suelos menos fértiles, generalmente marginales. En efecto, en la Costa Atlántica se produce yuca seca para producción de alimentos balanceados para animales y yuca fresca para consumo humano; en el departamento del Cauca, la gran parte de la producción de yuca se destina a la industria de almidones; y en la región cafetera y Llanos Orientales, la producción se enfoca al consumo humano.

2.2.2 Mercado Nacional de Almidón de Yuca. Los principales productos derivados del almidón en el país son almidón agrio y almidón nativo. La producción de almidón de yuca, principalmente el almidón agrio esta concentrada en los departamentos del Cauca y Valle

del Cauca, con una producción cercana a las 23.000 toneladas anuales, proveídas por casi cerca de 120 pequeñas rallanderías de las 200 que habían en el año 1988¹⁰. Igualmente, en la Costa Atlántica se produce almidón nativo de yuca.

En Colombia la utilización del almidón todavía se complementa a través de las importaciones, principalmente de maíz proveniente de los Estados Unidos y Brasil, de almidón de yuca traído de Ecuador, Brasil y Venezuela, debido a que en muchas ocasiones los precios de los almidones importados son inferiores a los de los almidones nacionales.

Tal como se enunció anteriormente, existe una tendencia a usar la yuca procesada en almidón, principalmente en la producción de alimentos. La Corporación Colombia Internacional, destaca que el crecimiento del mercado nacional depende en gran medida de la competitividad del producto frente a sus sustitutos, que podría mejorar siempre y cuando se incremente la productividad por hectárea de los cultivos y se consoliden y difundan las variedades mejoradas de menor perecibilidad. Además, para que la yuca deje de ser vista como un cultivo de consumo humano, es necesario difundir los otros usos que esta puede tener especialmente, reemplazando otras fuentes de almidón tanto en el sector alimenticio como en otros sectores.

2.3 MERCADO GLOBAL DE DEXTRINAS

El estudio del mercado global permitió tener una referencia de la situación de las dextrinas a nivel mundial. Sin embargo, es pertinente resaltar que la información existente sobre dextrinas en el ámbito mundial es escasa, puesto que la gran mayoría de documentos hacen referencia a yuca y almidones modificados en general, por lo que se encuentra poca información discriminada por tipo de almidón modificado. A continuación se describen algunos aspectos inherentes a la situación mundial de las dextrinas.

De acuerdo con los datos publicados por el International Starch Institute¹¹, los países que más dextrinas producen son India, China y Tailandia, independientemente de la fuente de

¹⁰ CECORA: Central Cooperativa de la Reforma Agraria Ltda.

proveniencia. Igualmente, se destaca que entre las industrias compradoras existe una preferencia hacia otros almidones modificados, que se manifiesta con una baja demanda de dextrinas, explícitamente en el mercado global. Sólo aparecen registradas cinco empresas compradoras. Este fenómeno podría ser explicado debido a que muchas compañías compran almidón nativo para luego modificarlo, convirtiéndolo en dextrina. De la amplia gama de productos derivados del almidón, las dextrinas son las que se transan a mayor precio. Estas son de mayor valor agregado que el almidón. Sin embargo, los volúmenes transados de las mismas están entre los más bajos (siendo el más bajo el almidón de yuca), se transan alrededor de 20.000 toneladas por año de dextrinas, con precios alrededor de 0,5 US \$/kg¹². Ver Figuras 12 y 13.

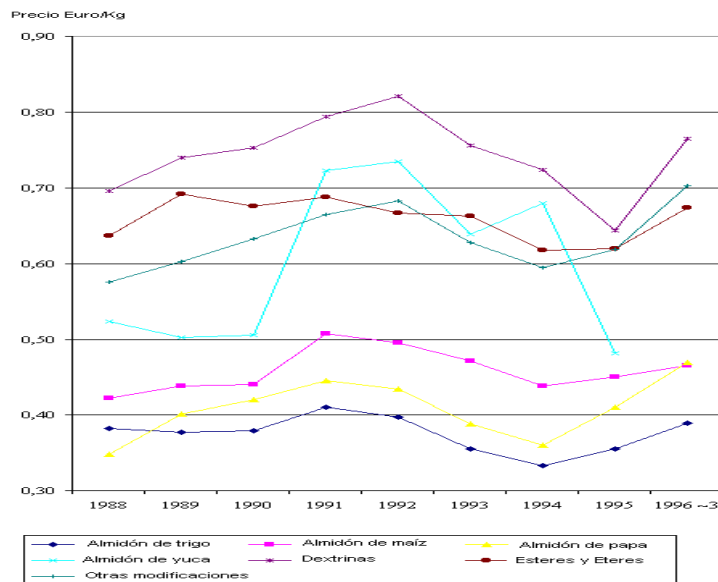
En el caso de Estados Unidos, sólo se encontraron datos para las transacciones de dextrinas de maíz. Sin embargo, estos datos pueden servir como referencia para las dextrinas de yuca. Este país reportó en 1997, exportaciones de alrededor 2'641.000 toneladas métricas¹³ de dextrina y otros almidones modificados de maíz. Así mismo, registraron importaciones de dextrina de papa por 8'362.000 toneladas en el año de 1997. Estas se compraban con precios alrededor de 1 US \$/kg. Adicionalmente, se destaca que los principales importadores de dextrinas son Asia y América Latina, lo que pone de manifiesto el atraso de estas regiones en materia de almidones modificadas.

¹¹ Los datos obtenidos de esta fuente datan de 1997.

¹² Se considera que un ECU equivale aproximadamente a 1 US \$.

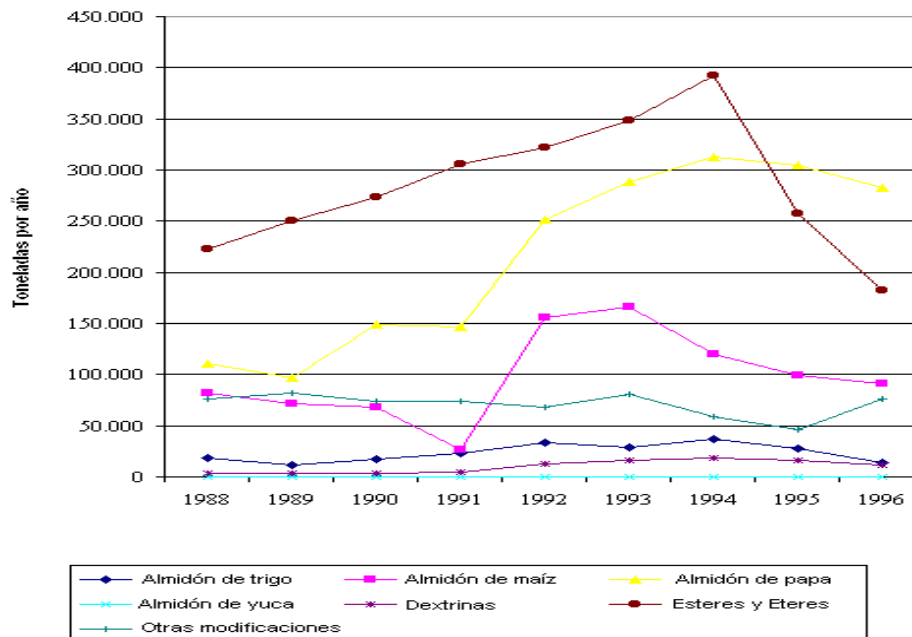
¹³ 1 tonelada métrica equivale a 1.000 kg.

Figura 12. Importaciones de la Unión Europea



Fuente: Internacional Starch Institute.

Figura 13. Exportaciones de almidones y derivados realizadas por la Unión Europea



Fuente: International Starch Institute.

2.4 MERCADO NACIONAL DE DEXTRINAS

El estudio de mercado nacional de las dextrinas incluyó el estudio de importaciones, exportaciones, compra y venta nacional, producción y consumo. Para llevar a cabo el presente estudio se consultó el registro de importaciones y exportaciones del Ministerio de Comercio Exterior a través de la base de datos BACEX y la Encuesta Nacional Manufacturera realizada por el DANE.

2.4.1 Importaciones y Exportaciones de Dextrinas en Colombia. En el estudio de importaciones del registro de Mincomex se contemplaron tres partidas arancelarias o categorías diferentes, dado que dentro cada una de ellas esta contemplado el término dextrinas. De esta manera no solo se analizó el comercio de la dextrina sino que se tuvieron en cuenta todos los productos derivados y preparados a partir de la misma.

- **Categoría 1.** Corresponde a la partida arancelaria 3505100000 denominada *Dextrinas y demás almidones y féculas modificados (por ejemplo almidones y féculas pregelatinizadas o esterificadas)*.
- **Categoría 2.** Corresponde a la partida arancelaria 3505200000 denominada *Colas a base de almidón, de fécula, de dextrina o demás almidones o féculas modificados*.
- **Categoría 3.** Corresponde a la partida arancelaria 3809100000 denominada *Aprestos¹⁴ y productos de acabado, aceleradores de tintura o de fijación de materias colorantes y demás productos y preparaciones a base de materias amiláceas*.

En los datos provenientes de Mincomex se contemplaron los años desde 1997 a 2003¹⁵, este período se definió como el *período de estudio*.

La tendencia general de las exportaciones de dextrinas señala un decrecimiento a lo largo la década. En el año 2001 estas cayeron drásticamente; con una cantidad exportada de solo el 12% de lo que se venía exportando en los años anteriores. Las importaciones por su parte mostraron un comportamiento estable durante la década del 90 y a partir del año 2002 indican una recuperación importante. En este año se presentó el rubro más

¹⁴ Mezcla de un almidón modificado con otros aditivos como espesantes, gelificantes, antiespumantes, biocidas, polímeros, etc.

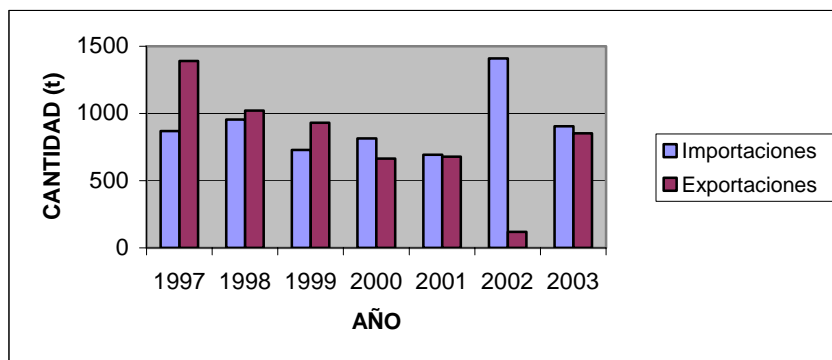
¹⁵ Incluye hasta noviembre del 2003.

significativo de importación que alcanzó un valor cercano a 1.409 toneladas, representando el 34,74% del volumen total importado durante los años anteriores. En las Figuras 14, 15 y 16 se detalla el comportamiento de las importaciones y las exportaciones para cada una de las anteriores categorías.

Categoría 1: Dextrinas y demás almidones y féculas modificados (por ejemplo: almidones y féculas pregelatinizadas o esterificadas).

En el año 2002 las importaciones sobrepasaron de manera significativa las exportaciones, en el resto de los años estos rubros estuvieron más equilibrados. Durante todo el periodo de estudio se importaron tan solo 660 toneladas. Esta categoría presentó el mayor volumen de importación comparada con las otras dos categorías durante todo el periodo de estudio; la cantidad importada de insumos de esta categoría fue 10 veces mayor que la cantidad importada de productos de la categoría 2, colas y demás productos afines y 6,3 veces mayor que la cantidad importada de aprestos y productos afines incluidos en la categoría 3.

Figura 14. Importaciones y Exportaciones de la Categoría 1



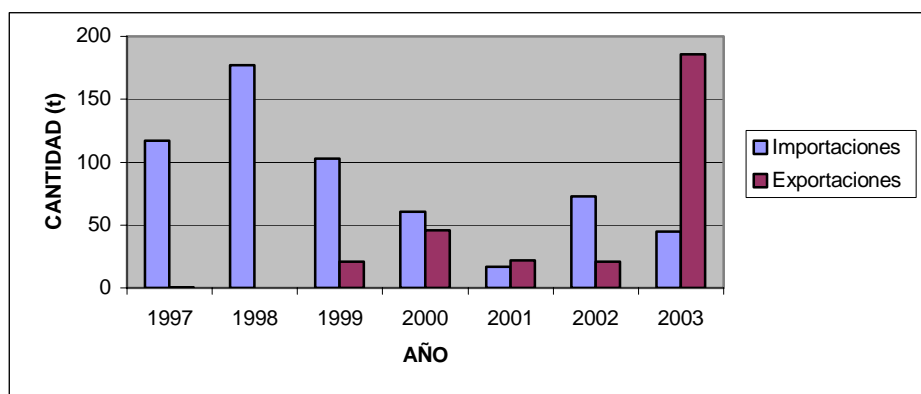
Fuente: Las Autoras, con base en el registro de importaciones y exportaciones del Mincomex.

Categoría 2: Colas a base de almidón, de féculas, de dextrinas demás almidones o féculas modificados.

El rubro más representativo de importación de colas y productos afines se presentó en el año 1998. A partir de este año estas empezaron a decrecer alcanzando en el año 2001 una reducción significativa del 84% relativo al promedio de la cantidad importada durante los años restantes. Por su parte, las exportaciones hasta el año 1999 corresponden a

cantidades inferiores a 1 tonelada. Durante este mismo año las exportaciones se recuperaron alcanzando un valor cercano a 20 toneladas. En los años subsecuentes, aunque no superaron el valor de 50 toneladas, estos rubros permanecieron estables.

Figura 15. Importaciones y Exportaciones de la Categoría 2.

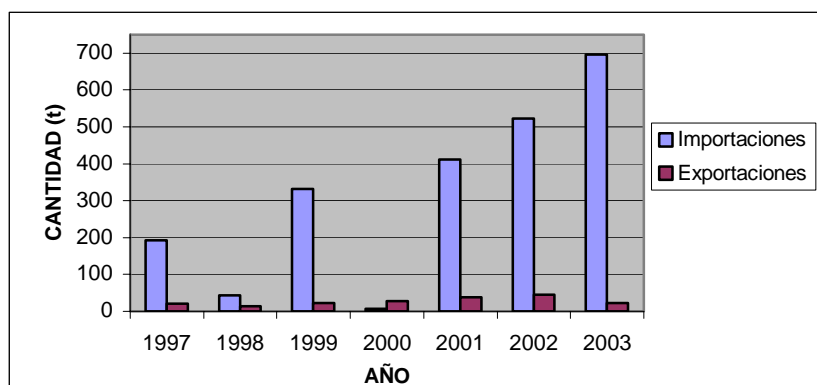


Fuente: Las Autoras. Con base en el registro de importaciones y exportaciones del Mincomex

Categoría 3: Aprestos y productos de acabado, aceleradores de tintura o de fijación de materias colorantes y demás productos y preparaciones, a base de materias amiláceas.

Las importaciones de esta categoría sobrepasan ampliamente las exportaciones durante todos los años. Las exportaciones tan solo representan en promedio el 13% de las importaciones en cada año, con excepción del año 2000 en el que las importaciones cayeron drásticamente; en este año solo se importaron 7,7 toneladas, cantidad muy pequeña en comparación a 300 toneladas importadas en promedio durante todo el periodo de estudio. La Figura 16 detalla el comportamiento de estos rubros.

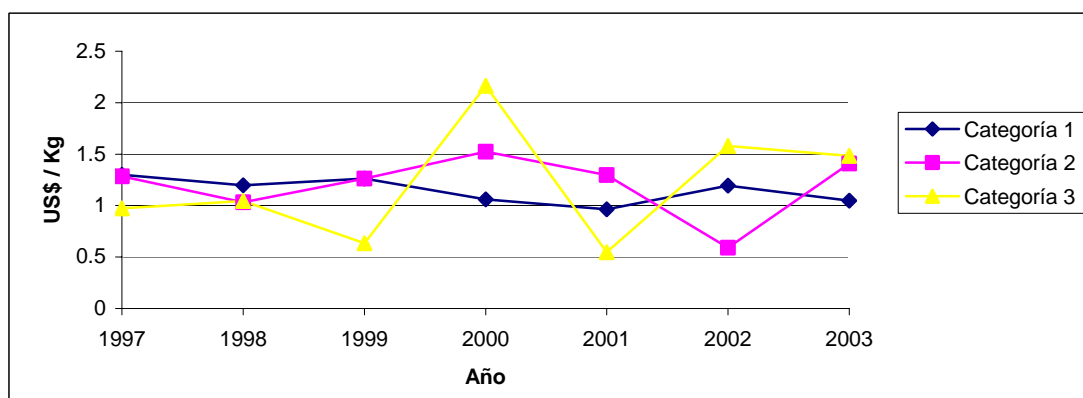
Figura 16. Importaciones y exportaciones categoría 3



Fuente: Las Autoras. Con base en el registro de importaciones y exportaciones del Mincomex

El comportamiento del precio FOB promedio de exportación e importación de las categorías estudiadas se detalló en las Figuras 17 y 18 respectivamente. El valor más alto correspondió a las importaciones de aprestos y productos afines en el año 2000. En ese año se negoció el kilogramo a US \$ 2,16 siendo esta cifra el doble del precio promedio que se llevaba en años anteriores. Por su parte, el precio promedio de importación de dextrinas, colas y productos afines se mantuvo estable durante el periodo de estudio, el precio FOB promedio de estas categorías osciló alrededor de US \$ 1,21 /Kg.

Figura 17. Comportamiento del precio FOB promedio de importación

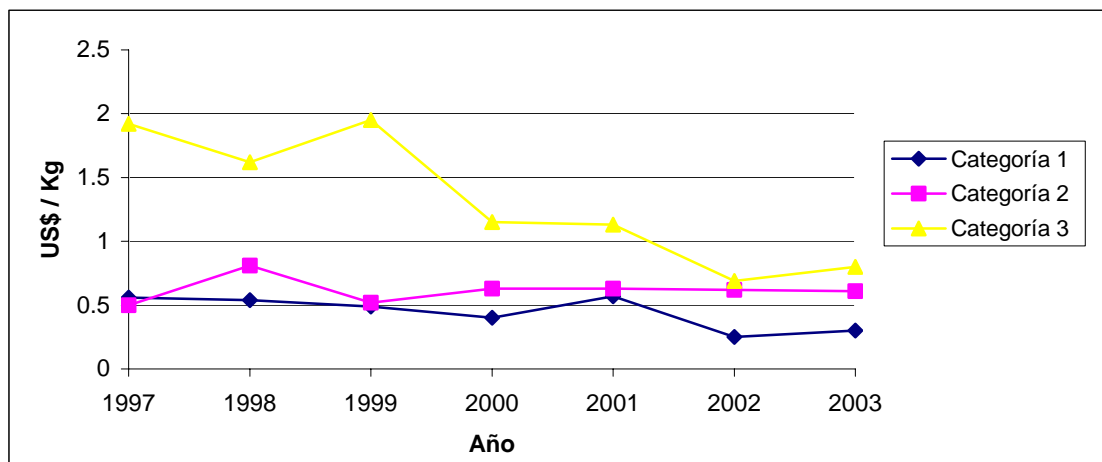


Fuente: Las Autoras. Con base en el registro de importaciones de Mincomex.

La figura 18, muestra el precio de exportación de aprestos y productos contemplados en la categoría decreció a partir del año 1999 hasta alcanzar en el año 2003 un valor similar

al de las otras categorías; alrededor de US \$ 0,54/kg. A lo largo del periodo de estudio, los valores FOB de exportación de las demás categorías, dextrinas, colas y productos afines se mantuvieron estables.

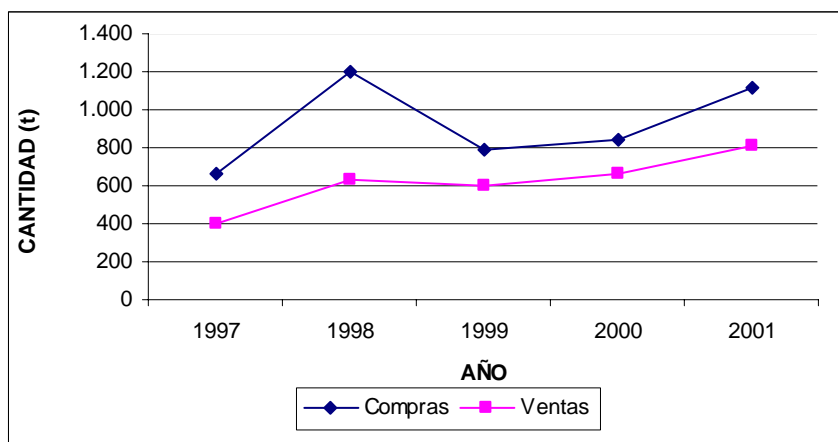
Figura 18. Comportamiento del precio FOB promedio de exportación



Fuente: Las Autoras. Con base en el registro de exportaciones de Mincomex

2.4.2 Compra y Venta de Dextrinas en Colombia. El siguiente gráfico detalla el comportamiento de las ventas y las compras de las dextrinas durante el periodo de estudio.

Figura 19. Compra y venta de dextrinas en Colombia.

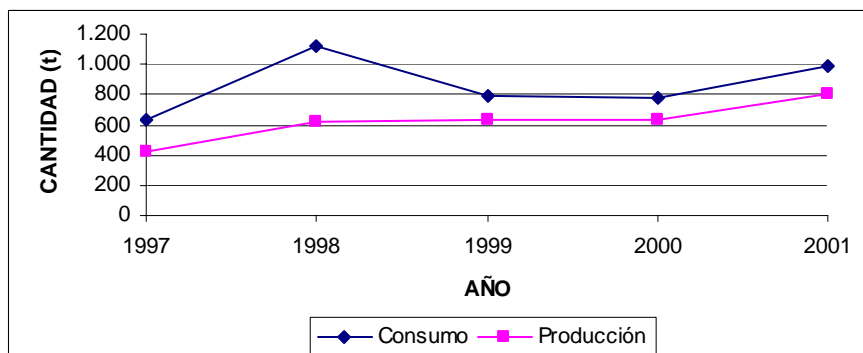


Fuente: Encuesta nacional de manufactura. DANE.

Como se puede observar en la Figura 19 las compras sobrepasan las ventas en todos los años. En 1998 el rubro más representativo de las compras de dextrinas alcanzó el valor de 1.197 toneladas sobrepasando en un 47% a las ventas realizadas en este mismo año. Durante este periodo se compró la dextrina a un precio promedio de \$1.511 por kilogramo. Por otra parte las ventas mostraron un leve crecimiento y se realizaron a un precio promedio de \$942 por kilogramo.

2.4.3 Producción y Consumo de Dextrinas en Colombia. La Figura 20 muestra la tendencia del consumo y producción de dextrinas durante el periodo 1997 – 2001.

Figura 20. Producción y consumo de dextrinas en Colombia



Fuente: Encuesta Nacional de manufactura. DANE

Durante todo el periodo de estudio, la cantidad de dextrina consumida mantuvo un comportamiento estable, aunque el rubro más representativo de consumo se presentó en el año 1998 alcanzando el 52% del volumen total de dextrina consumida durante los demás años. Por su parte la producción de dextrinas es de 578,7 toneladas anuales promedio que se considera bajo comparándolo con otros países.

3. ESTUDIO DE CAMPO

El estudio de campo permitió indagar a fondo sobre las aplicaciones industriales de las dextrinas. En la investigación se consultaron inicialmente fuentes secundarias para la identificación de los consumidores actuales y potenciales y posteriormente se usaron fuentes primarias al realizar un estudio de campo para dichos consumidores.

3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS CONSUMIDORAS DE DEXTRINAS SEGÚN SECTOR DE APLICACIÓN

Con el fin de conocer las aplicaciones que tienen las dextrinas en la industria, se identificaron los principales consumidores de este insumo. Para este fin se realizó un estudio mas detallado de importaciones de las tres categorías expuestas anteriormente, según el registro de importaciones de Mincomex.

Dado que este registro revela la razón social de las empresas que realizaron cada importación, fue posible realizar un rastreo para identificar a lo largo de las tres categorías los diversos usuarios de dextrinas y productos afines.

Las empresas que importaron durante el periodo comprendido desde 1997 hasta el 2003, fueron clasificadas según *sector de aplicación*¹⁶ con el fin de facilitar la identificación de las aplicaciones industriales de los insumos importados.

Para la clasificación de las empresas según sector de aplicación, se tuvieron en cuenta aquellas empresas más representativas en cuanto a consumo, es decir las empresas con mayor volumen de importación.

La herramienta implementada para obtener las empresas cuya importación fue significativa fue el análisis de Pareto¹⁷. El análisis de Pareto consistió en determinar qué empresas representaron la mayor participación (alrededor de 80%) en las importaciones

¹⁶ *Sector de Aplicación*: en el marco del proyecto se definió como el conjunto de empresas que utilizan el insumo para la misma aplicación, aunque no pertenecen al mismo sector por actividad productiva. Para ilustrar, se expone el caso de C.I. Promotora de Bananeras, esta empresa utiliza la dextrina para el cerrado de cajas, y aunque pertenece al sector de Alimentos, queda clasificada en el sector papel y cartón por ser usuaria de adhesivos.

¹⁷ Análisis planteado por el economista italiano V. Pareto en 1897 para demostrar que la distribución del ingreso es desigual: "Una proporción muy grande del ingreso (80%) está en manos de pocas personas (20%)".

totales durante el período comprendido entre 1997 y 2003. Esta técnica resulta muy útil para el análisis de datos correspondientes a importaciones, pues permite enfocarse únicamente en los principales usuarios, al separar las “pocas vitales¹⁸” de las “muchas triviales¹⁹”.

Los pasos para obtener los principales sectores de aplicación y consecuentemente las empresas a visitar se presentan a continuación, estos se llevaron acabo para cada una de las tres categorías estudiadas anteriormente.

- **Filtro Inicial**

El criterio base para la selección de las empresas fue *cantidad importada*; se eligieron inicialmente aquellas empresas cuya importación total de un año fuera igual o superior a 1.000 Kg.

- **Consolidado de las Empresas Importadoras.**

Posteriormente se obtuvo un consolidado de empresas con su respectivo total de importaciones realizadas durante todo el periodo de estudio (1997-2003) y se calculó la cantidad total importada por empresa.

- **Principales Empresas Importadoras**

Se realizó un Análisis de Pareto a partir del cual se obtuvieron las empresas significativas, es decir las que representaron el mayor porcentaje de participación en las importaciones realizadas durante el período de estudio.

- **Obtención de los Sectores de Aplicación**

Las empresas significativas fueron clasificadas de acuerdo al posible uso que le dan al insumo, obteniendo así los diferentes sectores de aplicación a los cuales se dirigió el estudio de campo.

Es importante resaltar que el análisis corresponde a una gran gama de productos comprendidos en la categoría, los cuales no están clasificados por fuente de proveniencia del almidón, ni por tipo de modificación del mismo. Además, se espera, dada la naturaleza de la partida arancelaria encontrar más empresas que contribuyan al estudio de campo en la categoría 1, ya que contiene explícitamente el término dextrinas, mientras que las otras

¹⁸ En el análisis de Pareto se denomina “pocas vitales” a los pocos agentes que realizan el evento dado; estos representan cerca del 20% de una población.

¹⁹ En el análisis de Pareto, se denomina “muchos triviales” a los muchos agentes que realizan el evento dado; estos representan cerca del 80% de una población.

dos categorías hacen referencia a productos derivados de estas y otros almidones modificados y por ende representan un consumo indirecto del insumo objeto de estudio. La Tabla 4 presenta los resultados obtenidos en cada categoría según el análisis de Pareto.

Tabla 4. Resultados del análisis de Pareto de las importaciones de las tres categorías

Categorías	Nº de empresas importadoras			Cantidad importada (Kg)		
	Total	Pocas Vitales		Total	Por las Pocas Vitales	
1 Dextrinas	140	49	35%	5.477.907	4.541.344	82%
2 Colas	30	7	23%	547.055	535.956	98%
3 Aprestos	21	8	38%	1.508.357	1.459.332	97%
Total	176	58	33%	7.533.319	6.536.632	87%

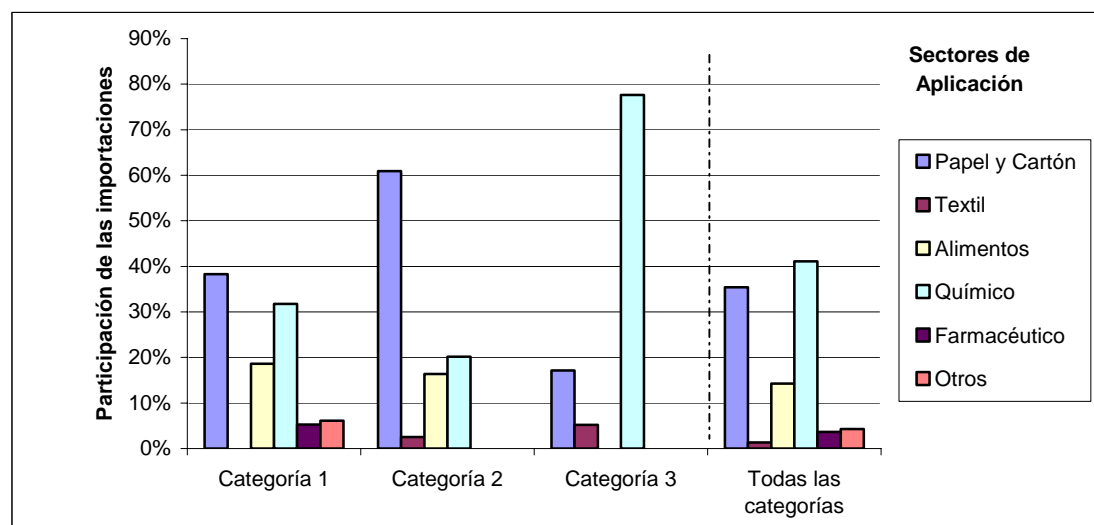
Fuente: Las Autoras. Con base al registro de importaciones de Mincomex.

La tabla anterior permitió concluir que pocas empresas (el 33%) fueron responsables de aproximadamente el 87% de las importaciones de insumos de las tres categorías; por esta razón se consideró estratégico enfocar el estudio de campo a esas empresas cuyo consumo es significativo.

De la misma manera el análisis permitió concluir individualmente por cada categoría. El 35% del total empresas de la categoría 1 importó el 82% de la cantidad total. De la misma manera en la categoría 2 el 98% de las importaciones fue realizado por el 23 % de las empresas y en la categoría 3 el 38% del total de las empresas de esta categoría, importó el 97% de la cantidad total.

La agrupación de las empresas significativas por categoría y su respectiva participación en cada sector de aplicación se observa en la Figura 21.

Figura 21. Participación de las importaciones de cada categoría por sectores de aplicación.



Fuente: Las Autoras. Con base al registro de importaciones de Mincomex

El Cuadro 3 complementa la información suministrada en la figura anterior. Este presenta un consolidado de la participación total de los diversos sectores de aplicación en cada una de las categorías arancelarias. Estos valores se calcularon con base en las importaciones realizadas durante los seis años que componen el período de estudio.

Cuadro 3. Participación de las importaciones de cada categoría por sectores de aplicación durante el periodo de estudio

Categoría	Cantidad Total Importada (t)	Peso Relativo (*)	Sector de Aplicación						TOTAL
			Papel y Cartón	Textil	Alimentos	Químico	Farma- ceúutico	Otros	
1	4.541	69,48%	38,27%		18,59%	31,79%	5,24%	6,11%	100%
2	535	8,20%	60,94%	2,55%	16,38%	20,13%			100%
3	1.459	22,33%	17,13%	5,20%		77,67%			100%
	6.535	100%							
Todas			Participación Consolidada (**)						100%
			35,41%	1,37%	14,26%	41,05%	3,64%	4,27%	

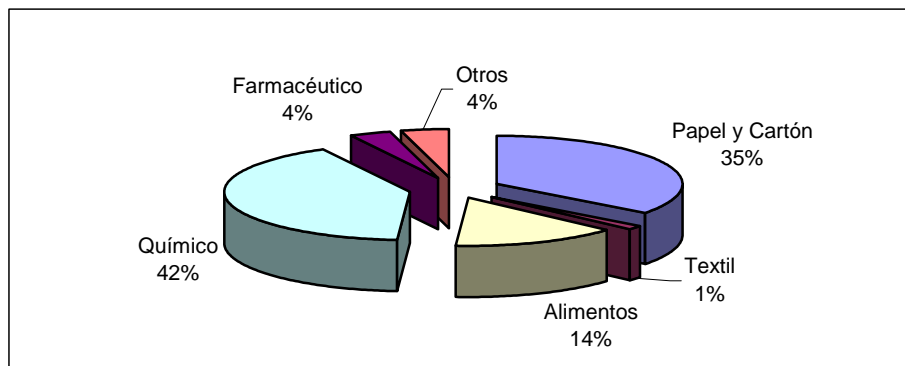
* El **peso relativo** hace referencia al valor porcentual de la cantidad importada por cada categoría durante el periodo de estudio, es decir la relación entre la cantidad total importada de cada sector y la cantidad total importada.

** La **participación consolidada** corresponde a la participación de cada sector uniendo las tres categorías arancelarias.

Fuente: Las Autoras. Con base al registro de importaciones de Mincomex

La participación consolidada de cada sector de aplicación se resume en la Figura 22.

Figura 22. Participación consolidada de los sectores de aplicación de las dextrinas



Fuente: Las Autoras. Con base al registro de importaciones de Mincomex

3.2 SELECCIÓN DE LOS PRINCIPALES SECTORES DE APLICACIÓN

La información del Cuadro 3 permitió seleccionar los principales sectores de aplicación para la posterior realización del estudio de campo. El criterio base para esta selección fue cantidad importada, es decir se tuvo en cuenta el porcentaje de participación en las importaciones realizadas durante el periodo de estudio. La selección se sustenta en el siguiente análisis:

- Los sectores de aplicación con mayor participación son el sector Químico (41,05%) y el sector Papel y Cartón (35,41%).
- Los sectores farmacéutico, textil y otros fueron excluidos del estudio debido a que presentaron participaciones comparativamente bajas; 3,64%, 1,37% y 4,27%, respectivamente.
- El sector alimentos presenta un porcentaje importante (14,26%). Sin embargo es superado ampliamente por los dos sectores con mayor participación en las importaciones. El sector papel y cartón lo sobrepasa 2,5 veces en su participación e igualmente es superado 2,8 veces por el sector químico.

Finalmente el análisis anterior permite concluir que los sectores de aplicación con mayor participación son el sector *Papel y Cartón* y sector *Químico*

Dado que el sector químico es tan amplio, se recurrió a fuentes de información primarias con el fin de obtener información más precisa y detallada acerca de las características técnicas y comerciales de los productos importados por este sector. Se realizó un sondeo telefónico que permitió concluir que las empresas pertenecientes a este sector no constituyen usuarios de dextrinas o almidones modificados, sino que son distribuidoras de productos químicos o representantes de grandes firmas productoras de los mismos.

El sondeo permitió identificar que este sector distribuye la dextrina y/o productos afines principalmente a empresas del sector papel y cartón en un 60% y a empresas del sector alimentos y textil en un 25% y 15% respectivamente.

Finalmente, de acuerdo a los juicios anteriores, se procedió a realizar el estudio de campo a aquellas empresas que suministrarían información relativa a las aplicaciones industriales de las dextrinas puesto que constituyen verdaderos usuarios de estas.

En consecuencia, el estudio de campo fue dirigido a los siguientes sectores de aplicación:

- ❖ Sector papel y cartón
- ❖ Sector de alimentos
- ❖ Sector textil

3.3 ENCUESTA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS APLICACIONES INDUSTRIALES EN LOS SECTORES SELECCIONADOS

Una vez seleccionados los principales sectores de aplicación y con el fin de determinar las aplicaciones industriales de las dextrinas en Colombia se diseñó una encuesta en la que se indagó sobre aspectos relativos al tipo de insumo que actualmente utilizan, consumo, precio, insumos sustitutos entre otros.

Para aplicar dicha encuesta, se realizaron visitas empresariales en las que se diligenció el formato en el marco de una entrevista a profundidad dirigida principalmente a jefes de producción o áreas relacionadas. También se realizó la encuesta en algunos casos vía telefónica, vía fax o vía Internet. El formato de la encuesta se muestra en el Anexo C.

El Cuadro 4 muestra la estructura de la encuesta detallando los objetivos y el tipo de pregunta.

Cuadro 4. Estructura de la encuesta

OBJETIVO	PREGUNTA	TIPO DE PREGUNTA	N°
1. Aspectos de la empresa			
Clasificar las empresas por sector	A qué sector pertenece la empresa	Abierta	1,1
Conocer la actividad económica	A qué se dedica la empresa	Abierta	1,2
2. Determinación de tipo de materia prima			
Determinar qué insumos utiliza	Cuál de los siguientes insumos utiliza en su proceso	Opción múltiple	2,1
3. Aspectos relacionados con aprestos			
Indagar sobre el tipo de insumo (aprestos y colas)	Si usa este insumo, a qué tipo de insumo corresponde	Abierta	3,1
Indagar sobre la utilización del insumo (aprestos y colas)	Para qué productos y/ o procesos se utiliza el insumo	Abierta	3,2
Ampliar aspectos relacionados con el insumo (aprestos y colas)	Podría ampliar aspectos relacionados con el (los) insumos que utiliza	Dicotómica	3,3
4. Aspectos relacionados con colas			
Indagar sobre el tipo de insumo (aprestos y colas)	Si usa este insumo, a qué tipo de insumo corresponde	Abierta	4,1
Indagar sobre la utilización del insumo (aprestos y colas)	Para qué productos y/o procesos se utiliza el insumo	Abierta	4,2
Ampliar aspectos relacionados con el insumo (aprestos y colas)	Podría ampliar aspectos relacionados con el (los) insumos que utiliza	Dicotómica	4,3
5. Aspectos relacionados con almidones modificados			
Determinar qué tipo de almidones modificados utiliza	Si usa almidón modificado a qué tipo de insumo corresponde	Opción múltiple	5,1
Indagar sobre el tipo de modificación	Conoce usted el tipo de modificación del almidón modificado	Dicotómica	5,2
	Si los conoce, a qué tipo de modificación corresponde	Abierta	5,3
Determinar la fuente de procedencia del almidón modificado	El almidón modificado de qué fuente proviene	Opción múltiple	5,4
Indagar sobre la utilización del almidón modificado	Para qué productos y/o procesos se utiliza el almidón modificado	Abierta	5,5
6. Aspectos técnicos de la(s) materia(s) prima seleccionadas			
Determinar las propiedades funcionales	Propiedades funcionales	Abierta	6,1
Determinar la calidad del insumo	El producto tiene calidad estándar	Dicotómica	6,2
Determinar si se hace inspección al insumo	Realiza algún tipo de inspección al insumo	Dicotómica	6,3
Determinar el tipo de inspección que le aplica al insumo	Qué tipo de inspección aplica al insumo	Abierta	6,4
Determinar la vida útil del insumo	Cual es la vida útil del insumo	Abierta	6,5
Determinar el consumo del insumo	Que cantidad consume	Abierta	6,6
Determinar el costo del insumo	Cual es el costo	Abierta	6,7
Identificar la existencia de variaciones en los precios en los últimos años del insumo en cuestión	Ha permanecido el precio estable durante los últimos años	Dicotómica	6,8
Indagar sobre la variación de los precios	Si no ha permanecido estable, cómo se ha comportado	Opción múltiple	6,9
Determinar el nivel de conformidad del usuario frente al precio del insumo	Cómo considera el precio de este insumo	Opción múltiple	6,10
Determinar la procedencia del insumo	El insumo es nacional o importado	Opción múltiple	6,11

Identificar el nombre de los proveedores del insumo	Quien lo provee	Abierta	6,12
Conocer los criterios de selección del Proveedor	Que requisitos deben cumplir sus proveedores	Abierta	6,13
Cuantificar la importancia del insumo	Priorice en una escala de 1 a 10 la importancia del insumo en cuestión	Escala	6,14
7. Interés en el producto a desarrollar			
Identificar el motivo de la importación	Si el producto es importado porque no prefiere el nacional	Opción múltiple	7,1
Determinar si ha usado sustitutos para dicha materia prima	Ha usado sustitutos para dicha materia prima	Dicotómica	7,2
Determinar que tipo de sustitutos	Si ha usado sustitutos, cuales	Abierta	7,3
Indagar sobre las características de los sustitutos	Si ha usado sustitutos, que resultado ha obtenido	Abierta	7,4
Identificar el nivel de interés en reemplazar el insumo usado	Estaría dispuesto a cambiar de insumo	Opción múltiple	7,5
Identificar las razones de sustitución	Si no está dispuesto a cambiarlo, cual es el motivo	Abierta	7,6
	Que esperaría del nuevo producto	Abierta	7,7
Determinar si es posible realizar una experimentación	Estaría dispuesto a realizar una prueba (laboratorio)del nuevo producto	Dicotómica	7,8
Determinar la cantidad necesaria para la posible prueba	Qué cantidad mínima necesitaría para la posible prueba	Abierta	7,9
8. Ampliación de la información			
Ampliar la información obtenida mediante otros posibles contactos	Que persona o entidad recomienda para ampliar la información	Abierta	8,1

Fuente: Las Autoras

3.4 RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Dado que la encuesta se aplicó en el marco de una entrevista a profundidad, se obtuvo información general relativa a cada sector. Al analizar la información obtenida a través de las encuestas no solo se obtuvo información relacionada con el uso de las dextrinas si no también con aspectos asociados a almidón nativo y almidones modificados.

El Anexo D muestra todas las aplicaciones industriales a nivel nacional que se identificaron en el estudio de campo. Esta expone los diversos tipos de almidón que se consumen en cada uno de los sectores visitados y además permite asociar el tipo de almidón con la función que cumple en la elaboración de los productos.

3.4.1 Resultados Relacionados con las Aplicaciones Industriales del Almidón Nativo.

Si bien muchas empresas usan almidones modificados, en otros casos, se siguen requiriendo almidones nativos en los procesos. También existen algunas empresas que compran almidones nativos para modificarlos luego en su proceso de producción. El

estudio de campo permitió obtener los siguientes resultados asociados a este tipo de almidones.

En general, los almidones nativos provienen de tres fuentes amiláceas, maíz, papa y yuca. El maíz es la fuente que predomina, puesto que el mercado nacional de almidones está abastecido por la empresa, Corn Products International, Inc, la cual basa sus productos en esta fuente y cuenta con alta tecnología y gran capacidad de producción.

La yuca ocupa el segundo lugar y es cada vez mas utilizada en varias aplicaciones. La papa es un cultivo principalmente europeo, y aunque presenta buenas propiedades, en Colombia se dificulta la obtención de productos a partir de esta.

La tecnología asociada a la obtención del almidón de maíz permite lotes más homogéneos que aquellos de yuca que se obtienen de manera artesanal. Por ejemplo, en las rallanderías del país, el secado del almidón de yuca se hace en patios por secado natural generando un almidón de baja calidad y producto de mezcla con otros lotes.

La falta de abastecimiento en los lotes de almidón de yuca se debe a la carencia de grandes productores, lo que hace que los usuarios de almidón tengan que abastecerse de pequeños lotes de distinta procedencia; haciendo que se inclinen hacia almidón de maíz suministrado por la multinacional anteriormente mencionada. La ausencia de un enfoque empresarial en los productores de almidón de yuca, pone a los productores de almidón de maíz en una posición ventajosa.

La yuca es más perecedera que el maíz y otras fuentes, lo que obliga a los productores de almidón a ubicarse hacia los centros de producción en sitios cercanos a las áreas de cultivo, dificultando el aprovisionamiento.

La investigación y desarrollo de nuevos insumos a partir de almidón se ha llevado cabo en grandes potencias mundiales, por lo general al interior de las grandes multinacionales en las cuales la fuente que predomina es el maíz. La investigación a nivel nacional en este campo es muy incipiente aún.

El mayor rendimiento en la obtención de almidón de maíz, a diferencia de la yuca que contiene 65 % de agua, hace que para producir la misma cantidad de almidón se tenga que consumir mayores cantidades de yuca.

La producción de almidón de yuca en Colombia ha estado enfocada hacia el sector de alimentos principalmente en la producción de almidón agrio por su uso en productos tradicionales de panadería como pandeyuca, pandebono snacks, rosquillas para los cuales no existen sustitutos lo que hace que el almidón agrio tenga un buen mercado. El maíz subsidio del maíz en Norte América hace que los almidones provenientes de esta fuente se obtengan en el mercado a precios más competitivos que los almidones de otras fuentes.

El 98% de las empresas visitadas ha ensayado alguna vez almidones de yuca. A pesar de sus mejores resultados y buen desempeño, su uso en Colombia no ha sido intensivo debido al difícil aprovisionamiento.

SECTOR PAPEL Y CARTÓN

En las empresas productoras de cartón corrugado se usa generalmente, un almidón perla de nativo y en el transcurso es modificado con soda (almidón carrier) y mezclado posteriormente con almidón nativo. Este almidón sirve para la formación del cartón ya que permite unir el “liner”²⁰ al cartón corrugado acompañado de un almidón nativo. Este almidón sirve para en la formación del cartón ya que permite unir el “liner” al cartón corrugado, es decir pega las partes exteriores del cartón a la lámina central. En las grandes empresas su consumo oscila alrededor de 20t/mes.

SECTOR ALIMENTOS

En este sector el almidón nativo es usado como lecho sobre los moldes y lechos para la formación de las figuras en la producción de gomas de almidón o gelatina. Este tipo de aplicación genera un consumo significativo, ya que en el moldeo se debe hacer reposición

²⁰ Liner: láminas lisas que cubren la lámina acanalada que forma el cartón corrugado.

continúa del almidón utilizado como lecho. Sólo es posible reutilización del 10% del almidón inicial, puesto que van quedando en el lecho residuos de goma. En las grandes empresas productoras de gomas su consumo varía entre 15-20t/mes.

3.4.2 Resultados Relacionados con las Aplicaciones Industriales de Almidones Modificados

En primer lugar, el estudio de campo reveló que los almidones modificados tienen una gran variedad de usos muy diferenciados entre sí. No existe un consenso sobre el tipo de modificación más adecuada para las diversas aplicaciones en la industria. Se identificó que al interior de los sectores seleccionados, las aplicaciones varían en cada empresa debido por una parte a la actividad productiva de cada una y por otra a las condiciones de operación y sus procesos.

Los almidones modificados se usan principalmente como encolantes para la fabricación del papel y como principal insumo para la fabricación de adhesivos. En el sector de alimentos se utiliza como mejorador de masa para pastelería y agente gelificante para confitería. En el sector textil se usan como aprestos para dar encolado a la urdimbre.

El 70 % de los insumos contemplados en el estudio son almidones nacionales, de los cuales el 60% son proveídos por la multinacional (Corn Products Industrias del Maíz). Muchas de las empresas manifestaron cierta insatisfacción con los insumos de este proveedor, particularmente ya que no poseen calidad estándar y presentan problemas asociados a la falta de homogeneidad de los lotes. Todas las empresas que son abastecidas por esta empresa, sin embargo por tratarse de un único proveedor las empresas usuarias no tienen otra opción para adquirir los insumos necesarios. El 30% de los insumos utilizados por las empresas encuestadas son importados, con lo cual las estas esperan obtener una mejor calidad. Desafortunadamente, lo anterior implica una importante fuga de divisas para el país y revela que en Colombia el desarrollo de almidones modificados es incipiente.

A continuación se describen los diversos tipos de almidones modificados encontrados en cada uno de los sectores estudiados.

SECTOR PAPEL Y CARTÓN

En el sector papel y cartón se consumen almidones con diversos tipos de modificación, esta varía en cada empresa de acuerdo a factores entre los cuales se destacan la aplicación particular que a este se le dé, los tipos de papel producidos, las condiciones de operación, materias primas, costos y las preferencias de cada una. Así por ejemplo, los insumos usados para la fabricación de papel a partir de fibra de madera son diferentes a los insumos necesarios para la fabricación a partir de bagazo de caña. Dentro de este se usan principalmente como encolantes de masa o superficiales y por otro lado en la fabricación de adhesivos para diversas aplicaciones. Los almidones mas usados en la industria de papel y cartón se citan a continuación.

▪ ***Almidones Catiónicos***

Se usan como encolante en masa o interno, ya que su función es unir internamente todos los componentes que forman en papel, por lo cual se agregan en la mezcla inicial. Estos actúan como aglomerantes, uniendo las fibras de celulosa a los demás componentes mezclados, proporcionando resistencia en seco y rigidez al papel o cartón, evitando además que las tintas se rieguen y dando opacidad al papel en el caso de los papeles blancos. Los almidones usados en esta etapa buscan mejorar las propiedades del papel, y compensan los faltantes ocasionados por fibra mal refinada o inadecuada para la producción. Su consumo varía entre 30-100t/mes y se requieren en promedio entre 6 - 14 kg/t de papel. Sin embargo, en una de las empresas visitadas su uso es de 130 kg/t de papel. En el mercado se encuentran almidones importados provenientes de maíz, papa o yuca.

▪ ***Almidones Oxidados y Aniónicos***

Se usan para el encolado superficial del papel, consiste en un recubrimiento final de acabado que se le da a este. Estos almidones cumplen funciones como dar lisura al papel, mejorar su apariencia, evitar el desprendimiento superficial de fibras, impedir que la tinta se despreque en escritura o impresión, mejorar la resistencia a la humedad, y preparar el papel para un posterior recubrimiento como esmaltados o demás acabados. Su consumo depende de la cantidad de papel producida, esta oscila entre 10 y 700 t/mes

y se necesitan alrededor de 40kg/t de papel. Los almidones importados de este tipo provienen de la papa o el maíz.

SECTOR TEXTIL

En la industria textil los almidones se usan para engomado de la urdimbre, evitando así que los hilos se deformen en el proceso de fabricación de la tela.

- ***Almidón Esterificado***

Este es un almidón modificado por hidrólisis con ácido láctico. Se utiliza con frecuencia para engomar la urdimbre de tejido plano, generalmente, se usa para fibras de algodón, mientras que para poliéster y acrílicos se requieren aprestos sintéticos. Según las encuestas realizadas en el país se pueden adquirir almidones esterificados de yuca de buena calidad, estos son producidos por una cooperativa industrial ubicada en el departamento del Tolima. El consumo de este tipo de almidones es bajo comparado a los demás almidones modificados, ya que oscila entre 0,15 y 2t/mes.

SECTOR DE ALIMENTOS

- ***Almidón Entrecruzado***

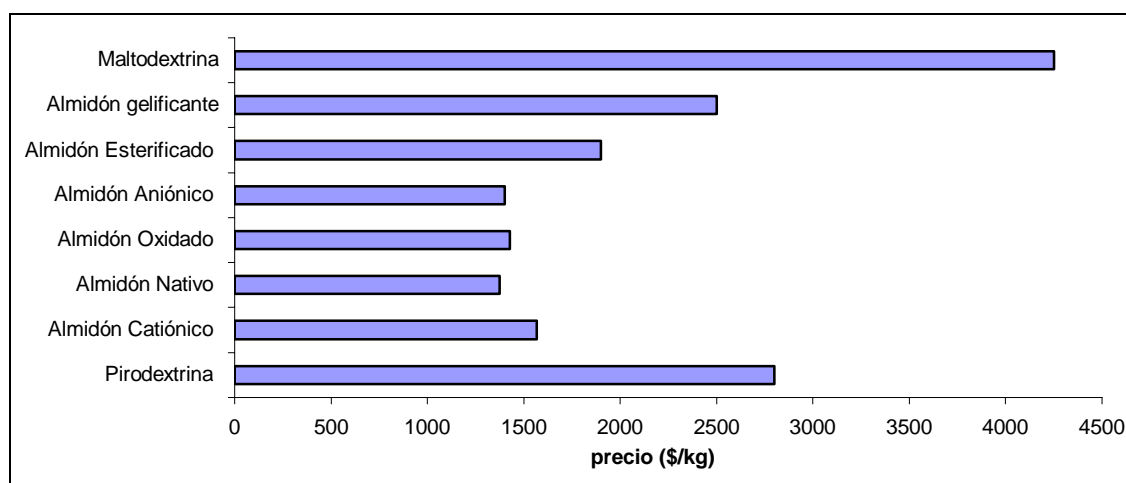
En la industria de alimentos se utiliza almidón entrecruzado; por un lado para la fabricación de batidos en la elaboración de ponqués y por otro lado como relleno en la fabricación de ciertos panes. Este almidón es producido por la reacción entre un almidón nativo de maíz y oxiclورو fosforoso. Su principal función es dar estructura, disminuyendo la actividad de agua presente en la masa. La presencia de este insumo aumenta la vida útil del producto final y produce un mayor rendimiento en el batido. Su consumo no representa un rubro muy alto, tan solo es el 3 % del consumo de harina de trigo en pastelería. Este almidón debe importarse por cuestiones relativas a la calidad y desempeño. Su precio es alto e inestable ya que está sujeto a los cambios de la tasa representativa.

▪ **Almidón Gelificante**

Se usa en la producción de gomas de almidón y masmelos como agente gelificante y constituye entre 10 y 15 % del contenido total del producto final, por lo cual su consumo es relativamente alto, alrededor de 10-12t/mes. Este almidón gelifica más rápido, no altera el sabor de la goma. Su costo es relativamente alto. Ver Figura 23. Actualmente, este almidón es usado sólo en la producción de gomas dulces, pero se desea usarlo en la fabricación de masmelos como sustituto de la gelatina de origen animal

En la Figura 23 se presenta el precio promedio de los almidones modificados usados.

Figura 23. Precio promedio de almidones modificados



Fuente: Las Autoras

3.4.3 Resultados Relacionados con las Aplicaciones Industriales de la Dextrina En el Anexo D se aprecia que la dextrina es el tipo de almidón modificado con mayor aplicación industrial, no solo por estar presente en todos los sectores visitados, sino también por la gran variedad de aplicaciones que esta posee (la dextrina está presente en mas del 50% de las aplicaciones industriales encontradas en el estudio de campo).

Es necesario resaltar que el cuadro se realizó a partir de los insumos que las empresas encuestadas declararon consumir, sin embargo, tal y como se mencionó anteriormente en las entrevistas a profundidad se logró identificar que ciertos usuarios compran el almidón nativo y posteriormente lo modifican mediante dextrinización por vía enzimática

generalmente, lo cual significa que el verdadero insumo que requieren para su actividad productiva es la dextrina.

Adicionalmente, en este anexo se demuestra que el tipo de dextrina usada en el sector alimentos es la maltodextrina. En el sector papel y cartón la principal aplicación que tienen las dextrinas es en la fabricación de adhesivos. Las dextrinas utilizadas en este sector son de dos tipos, las modificadas por vía enzimática para la producción directa del adhesivo y las modificadas por vía seca llamadas pirodextrinas, generalmente proveídas por Industrias del Maíz

SECTOR ALIMENTOS

- ***Maltodextrinas***

Estas dextrinas obtenidas por vía húmeda o enzimática, remplazan parcialmente la gelatina de origen animal en la fabricación de gomas o dulces, dando una propiedad masticable. Hasta el momento sólo se ha logrado una sustitución parcial de esta gelatina, para evitar alteraciones en las propiedades del producto final, (endurecimiento del caramelo). Sin embargo, se ha continuado la investigación realizando pruebas para lograr esta sustitución debido a los altos costos de la gelatina, que puede alcanzar precios alrededor de \$7000 /kg.

Otra aplicación interesante de este producto es la sustitución de la goma arábica por este tipo de dextrinas. Esta goma, a pesar de ser utilizada en pequeñas cantidades posee un costo alrededor de 10.000 \$/kg. La maltodextrina es utilizada para el grageo en confitería en recubrimiento de chocolate u otros materiales. Antes de aplicar el recubrimiento del centro se le agrega este insumo que actúa como barrera ante la grasa o agua que migra hacia la superficie. Adicionalmente, las maltodextrinas se usan como sustitutos de grasa en la producción de helados y se usan para dar cuerpo a la cerveza y de relleno en embutidos

SECTOR PAPEL Y CARTÓN

- ***Pirodextrinas***

El estudio de campo encontró que la principal aplicación industrial que tiene la dextrina en Colombia esta en el sector papel y cartón y principalmente en la elaboración de adhesivos industriales. Estos se usan en diversas aplicaciones entre las cuales se destacan fabricación de cajas plegadizas, cierre de cajas corrugadas, elaboración de tubos de cartón en espiral, sacos multipliegos y bolsas de papel, y etiquetado de botellas. Adicionalmente, el estudio encontró aplicaciones interesantes para la pirodextrina en el sector de artes gráficas como componente principal para la fabricación de goma conservante. Esta goma es usada en las planchas de impresión litográfica para conservar la parte que no lleva imagen y protegerla de bacterias, corrosión, y rayones.

En cuanto a productos sustitutos, el estudio de campo reveló que un gran porcentaje de las empresas contactadas usan PVA o derivados de PVA para el pegado de las cajas, bolsas y tubos. Lo anterior se debe a que los adhesivos sintéticos tienen menor tiempo de secado, no obstante el uso de adhesivos a base de dextrina no ha declinado dado que son menos costosos.

El estudio reveló además, que el mercado nacional de dextrinas es proveído en gran medida por las dextrinas de maíz, proveídas por la multinacional Corn Products. También se indagó que debido a los altos aranceles de importación al país, resulta difícil adquirir dextrinas provenientes de otros países.

Las pirodextrinas se transan a precios que oscilan alrededor de 2000\$/kg. Ver figura 23. El consumo de dextrina en las empresas estudiadas es muy variado debido a que cada empresa usa la dextrina para pegar diferentes volúmenes, no obstante en promedio las empresas grandes consumen alrededor de 100 t/mes, mientras que las pequeñas pueden llegar a consumir aproximadamente 2t/mes.

3.5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE CAMPO

Dado que el estudio de campo reveló que el gran uso de las pirodextrinas se encuentra en el sector papel y cartón y principalmente en la elaboración de adhesivos industriales se realizó un análisis más riguroso para esta aplicación. Con el fin de indagar los tipos de adhesivos más usados en la industria se realizó el Cuadro 5 que resume la relación entre

el uso industrial del adhesivo y el tipo de almidón usado como principal materia prima para su fabricación. Adicionalmente, la tabla muestra la cantidad de veces que se encontró los diversos usos de los adhesivos en cada tipo de almidón; en otras palabras el cuadro permite ilustrar de manera cuantitativa el número de veces que se presentó la relación “uso industrial del adhesivo / tipo de materia prima” en las empresas visitadas durante el estudio de campo. Finalmente se realizó la sumatoria horizontal con el fin de identificar la aplicación de más frecuente de los adhesivos industriales de éste tipo.

Cuadro 5. Usos Industriales de los Adhesivos de almidón y dextrina.

USO INDUSTRIAL DEL ADHESIVO	Fabricación de adhesivos para:	TIPO DE MATERIA PRIMA			Suma
		Almdón Nativo	Dextrina		
			Dextrina Vía Enzimática	Pirodextrina	
	Formación de cartón corrugado	2			2
	Formación de cajas plegadizas				0
	Cerrado de cajas corrugadas	1	5	3	9
	Formación de cores o tubos en espiral		2	3	5
	Elaboración de bolsas de boutique				0
	Elaboración de bolsas industriales de papel y sacos de papel	1	3	2	6
	Etiquetado de botellas de vidrio	1	2	1	4

Fuente: Las Autoras

El Cuadro 5 resalta que los adhesivos de dextrina se usan principalmente en el cerrado de cajas corrugadas; fabricación de cores o tubos de cartón; fabricación de bolsas de papel y sacos multipliegos y etiquetado de botellas de vidrio.

En el estudio de campo se indagó sobre la aplicación de la dextrina en los demás usos industriales y se concluyó que para la elaboración del cartón corrugado se utiliza es un almidón carrier muy especializado y que la dextrina resulta muy lenta dadas las altas velocidades asociadas a las máquinas corrugadoras. De igual manera, el desempeño de la dextrina no es muy favorable para la fabricación de cajas plegadizas debido a la utilización de cartones mas sofisticados (superficies menos porosas como cartón plastificado, o parafinado) que impiden que el adhesivo penetre en el sustrato. Algo similar ocurre con el uso del adhesivo en la fabricación de bolsas de boutique puesto que se utilizan tintas especializadas que no son compatibles con este tipo de adhesivo.

Así mismo a través del estudio de campo se logró identificar el gran potencial de las pirodextrinas en primer lugar por que muchas de las empresas consumidoras de almidón nativo lo dextrinizan para lograr mejores propiedades adhesivas y en segundo lugar por que es posible sustituir las maltodextrinas por las pirodextrinas logrando mejores beneficios. Finalmente, del anterior análisis se logró concluir que principal aplicación industrial de las pirodextrinas se encuentra en la elaboración de adhesivos para:

- ❖ Cerrado de cajas corrugadas
- ❖ Fabricación de cores o tubos de cartón
- ❖ Fabricación de bolsas de papel y sacos multipliegos
- ❖ Etiquetado de botellas de vidrio

4. SELECCIÓN DEL PRODUCTO A DISEÑAR

En el presente capítulo se presenta el desarrollo de la metodología para la selección del producto a diseñar.

4.1 POSIBLES PRODUCTOS A DISEÑAR

En el capítulo anterior, el estudio de campo permitió concluir que la principal aplicación de las pirodextrinas es la elaboración de adhesivos industriales. A continuación se describe brevemente cada uno de estos adhesivos.

4.1.1 Adhesivo para Cerrado de Cajas Corrugadas. Es usado para encolar las aletas superiores y/o inferiores de las cajas de cartón corrugado a mano o en máquina. Para esta aplicación se requieren adhesivos de tiempo abierto corto y con alto contenido de soda cáustica. Los principales productos sustitutos son adhesivos similares a partir de almidón, adhesivos de emulsiones de polivinilo de acetato (PVA), cintas autoadhesivas o grapas.

4.1.2 Adhesivo para Fabricación de Cores o Tubos de Cartón en Espiral. Un tubo en espiral consta de varias capas de cartón enrolladas y unidas entre sí por un adhesivo. Generalmente las capas más externas se pegan con PVA y las más internas con adhesivo a base de dextrina. Se utilizan principalmente como centros para enrollar papeles industriales, textiles, plástico entre otros. Además pueden ser utilizados como tubos rotatorios en maquinarias para operaciones como enbobinado.

El adhesivo constituye la base para un buen core, los cuales están sujetos a altas velocidades (rpm) y a la presión que ejerce el peso del material enrollado en el mismo. Su consumo depende del ancho de la pared, que varía de acuerdo a la necesidad de resistencia que se requiera. Entre los aspectos más relevantes en la elaboración de tubos en espiral se encuentran: el grueso de las paredes (el número de sustratos o capas enrolladas), peso del tubo, resistencia requerida, revoluciones a las que estará sujeto el tubo, material del cual está elaborado (tipo y gramaje del cartón) y material a envolver en el tubo.

4.1.3 Adhesivo para Fabricación de Bolsas de Papel y Sacos Multipliegos. Para esta aplicación, se requieren adhesivos de alto desempeño como buena adhesividad y tiempos cortos de secado rápido. Para la fabricación de sacos multipliegos se usan para el engomado lineal (fuelles laterales) y el engomado del fondo. Se prefieren adhesivos de fácil eliminación generalmente a partir de dextrinas blancas poco solubles, especialmente en máquinas de alta velocidad. Es importante tener en cuenta la importancia de la penetración del adhesivo en el doblez, ya que si el adhesivo se dispersa demasiado los sacos pueden pegarse con otros sacos al momento de ser almacenados. El adhesivo para pegar los laterales puede ser de secado lento, altamente diluido, siempre y cuando posea buen poder adhesivo.

4.1.4 Adhesivo para Etiquetado de Botellas de Vidrio. Generalmente se usan adhesivos en polvo hechos a partir de dextrinas y solubles en agua fría. Se requieren adhesivos de altas viscosidades y óptimo desempeño como buena adhesividad y tiempos cortos de secado, pues generalmente son usados en máquinas de alta velocidad. Estos adhesivos deben ser de fácil manejo y eliminación, además para esta aplicación se requiere que sean resistentes al frío y estables ante cambios de temperatura. Los sustitutos mas usados en esta aplicación son a base de caseína y los Jelly Gum principalmente. Estos tienen un alto contenido de soda cáustica y un contenido mínimo de sales con el fin de evitar la decoloración de las etiquetas y la corrosión de las máquinas.

4.2 METODOLOGÍA SEGUIDA PARA SELECCIÓN DEL PRODUCTO

Para la selección del producto a diseñar se procedió a desarrollar una metodología de selección, basada en métodos utilizados en proyectos de grado, bibliografías y opiniones de diferentes asesores. Se desarrolló y estructuró la metodología de selección ajustando varios métodos de acuerdo las diversas necesidades del proyecto. Se recurrió al Método Delphi²¹ para la evaluación de ciertos criterios y posteriormente se siguieron varios pasos obtenidos de métodos de decisión multicriterio.

²¹ Método Delphi: método que consiste en consultar a un grupo de expertos para recoger sus opiniones frente a un asunto planteado.

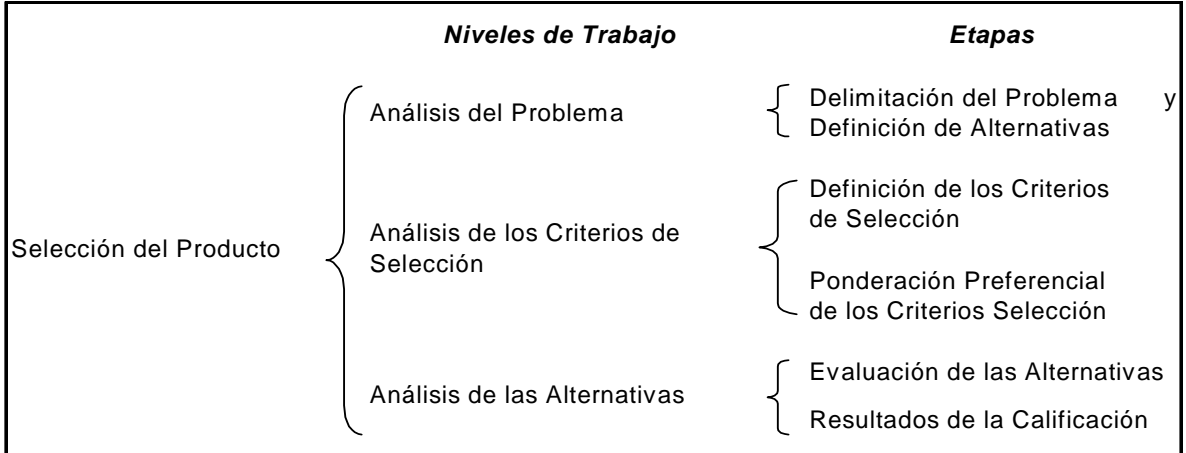
La metodología desarrollada busca que a través de un procedimiento organizado y estructurado, se filtre(n) el(los) posible(s) producto(s) a diseñar por medio de diferentes niveles de selección, llegando finalmente a elegir aquel producto, que de resultar viable para ser comercializado, pueda incursionar en nuevos mercados y permita fomentar la utilización industrial de la yuca en el desarrollo de materias primas. Los componentes de la metodología se describen a continuación.

- **Problema:** el problema hace referencia al asunto que se quiere resolver mediante la consulta. Para el presente caso corresponde a un marco decisional en el que se pretende seleccionar un producto entre varias alternativas. Se elegirá aquella que mejor se ajusta a ciertos criterios establecido con antelación.
- **Criterios:** término general que engloba los conceptos de atributos, objetivos o metas que se consideran relevantes para el problema decisional. Para la presente metodología de selección se consideran criterios todos aquellos aspectos relevantes para el Centro decisor.
- **Centro Decisor:** persona o grupo de personas que toma finalmente la decisión a partir de la consulta realizada. Para el presente caso, el *Centro decisor*²² esta conformado por tres personas directamente implicadas el diseño del adhesivo.
- **Grupo de Expertos:** es el conjunto de personas conocedoras del tema a quienes se les realiza la consulta.
- **Alternativas:** son las diversas opciones que se tienen en el marco decisional. Para el presente caso, las alternativas de decisión corresponden a las cuatro principales aplicaciones de las pirodextrinas halladas en el estudio de campo realizado. (Ver numeral 3.5: Conclusiones del estudio de campo)

La metodología se divide en tres *niveles de trabajo* independientes pero interrelacionados los cuales se materializan en cuatro *etapas* que componen el proceso de decisión. La metodología desarrollada se esquematiza en la Figura 24.

²² ARISTIZABAL, Johanna. Directora científica CIAT del proyecto. ACOSTA, Maria del Pilar y SALCEDO, María Cecilia. Autoras del proyecto.

Figura 24. Estructura de la metodología de selección del producto a diseñar.



Fuente: Las Autoras

Los niveles de trabajo se definen de la siguiente manera:

- **Análisis del Problema.** En este nivel se define claramente el problema objeto de estudio. Este se relaciona directamente con el objetivo final de la selección. El análisis del problema también incluye la definición de las alternativas con que se cuenta para la solución del problema.
- **Análisis de los Criterios de Selección.** En este nivel se analiza el por qué del diseño del adhesivo. Se tienen en cuenta las prioridades del centro decisor y el impacto que tendrá el adhesivo a diseñar.
- **Análisis de las Alternativas.** Se analiza en este nivel el comportamiento de cada una de las alternativas frente a los criterios planteados. Se califica el desempeño de cada alternativa de acuerdo a cada criterio de selección.

Las etapas requeridas para llevar a cabo los anteriores niveles de trabajo son las siguientes:

- **Delimitación del Problema y Definición de las Alternativas.** Esta etapa es realizada por el centro decisor, quien delimita el problema y define las alternativas disponibles para la solución del mismo.
- **Definición de los Criterios de Selección.** En esta etapa se determinan los criterios de selección que reflejan los aspectos que son relevantes para el centro decisor en el marco de la elección de la mejor alternativa.

- **Ponderación Preferencial de los Criterios.** Esta etapa de la metodología hace referencia a los indicadores de preferencias relativas del centro decisor de unos criterios frente a otros. Es una etapa decisiva pues refleja la orientación del centro decisor y por ende las prioridades para la selección de la mejor alternativa de acuerdo a los criterios anteriormente establecidos.
- **Evaluación de las Alternativas de Adhesivos.** Etapa que consiste en la calificación de las alternativas frente a cada uno de los criterios. Esta evaluación es realizada por un grupo de expertos.
- **Resultados de la Calificación.** Una vez obtenidos los puntajes, en esta etapa se procede a tomar la decisión basados en la(s) alternativa(s) que hayan obtenido el mayor puntaje.

4.3 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE SELECCIÓN

A continuación se describe lo que se realizó en cada nivel de trabajo y en sus respectivas etapas.

4.3.1 Delimitación del problema y definición de alternativas. Este nivel de trabajo fue realizado por el centro decisor quien se reunió para definir claramente el problema y posteriormente definir las alternativas disponibles a la solución del mismo.

- **Problema Decisional:** Seleccionar el adhesivo más viable para fabricar a partir de pirodextrina de yuca desde el punto de vista comercial, técnico, económico y ambiental. Se pretende elegir el que mejor se ajuste a ciertos criterios que han sido establecidos con antelación.
- **Alternativas Disponibles:** Las alternativas disponibles corresponden a cuatro posibles aplicaciones de la pirodextrina en el campo de los adhesivos que fueron halladas con base al estudio de campo realizado en el capítulo anterior. Se selecciona la mejor alternativa de producto con el fin de promocionarlo el uso de este y ampliar las posibilidades de mercado para la pirodextrina de yuca.

Las alternativas de decisión fueron:

Alternativa A: adhesivo para el cierre de cajas de cartón corrugado.

Alternativa B: adhesivo para la fabricación de cores o tubos de cartón.

Alternativa C: adhesivo para la fabricación de sacos y bolsas de papel.

Alternativa D: adhesivo para el etiquetado de botellas de cerveza.

4.3.2 Definición de los Criterios de Selección. Los criterios de selección fueron definidos de manera conjunta por el centro decisor. Estos se determinaron con base a un análisis riguroso que se realizó teniendo en cuenta las variables más importantes que influyen en el desarrollo de un nuevo producto y que garantizan la factibilidad comercial del mismo.

El grupo analizó todos aquellos aspectos que consideró relevantes y los asoció en cuatro grupos diferentes.

El primer grupo contiene los criterios de **Mercado** que son aquellos criterios relacionados con la interacción que existe entre el producto y el usuario. Un segundo grupo corresponde a Criterios **Técnicos** que son aquellos inherentes al producto como por ejemplo aspectos relacionados con su composición y elaboración. En este grupo también se encuentran los criterios de Materia Prima que contemplan aspectos relativos a la pirodextrina como componente principal del adhesivo. Un tercer grupo de criterios contempla los aspectos de orden **Económico** como lo son el costo del producto y el precio de venta al cual se podría comercializar. Finalmente se considera un grupo muy importante que hace referencia a aspectos **Ambientales**, este incluye aspectos externos relacionados con el producto y la manera como este puede generar impacto en el medio ambiente.

Los criterios contenidos en cada uno de los grupos se definen a continuación:

Criterios de Mercado

- **Criterio 1: Potencial de Mercado.** El Potencial de Mercado hace referencia al tamaño del mercado al cual podría penetrar cada uno de los productos dada su aplicación.
- **Criterio 2: Demanda.** Con este criterio se pretende estimar cuál de los adhesivos generaría la mayor demanda y por ende el mayor volumen de ventas. Este criterio, a diferencia del anterior, contempla aspectos relativos al consumo del adhesivo en cada aplicación. En otras palabras el criterio evalúa las posibilidades concretas que tiene el adhesivo para ser comercializado.

- **Criterio 3: Crecimiento del Mercado.** Este criterio pretende determinar cual de los productos presenta un mercado con mayor crecimiento a futuro.
- **Criterio 4: Ciclo de Vida del Producto.** Hace referencia a la tendencia que tiene el producto dada la etapa en la que se encuentre: introducción, crecimiento, madurez o decadencia. Con este criterio se pretende evaluar la tendencia que siguen las ventas y las utilidades del producto en la actualidad.
- **Criterio 5: Potencial de ser Desarrollado por el Usuario.** Potencial que tiene el usuario de desarrollar su propio adhesivo y por ende este suspenda la compra del producto. Este criterio se tomó en consideración debido a que muchas empresas deciden suspender la compra del adhesivo ya elaborado y optan por desarrollar el adhesivo en planta como insumo para su proceso productivo.
- **Criterio 6: Potencial como Producto Sustituto.** Este criterio evalúa la capacidad del adhesivo para reemplazar los productos existentes en el mercado (competidores) que cumplen la misma función.
- **Criterio 7: Barreras del Sector a Penetrar.** Contempla las posibles barreras de entrada que impondría el sector a penetrar.

Criterios Técnicos

- **Criterio 8: Utilización de la Materia Prima.** Mediante este criterio se determina cuál de los adhesivos, de acuerdo a su composición, genera el mayor consumo de pirodextrina de yuca.
- **Criterio 9: Competitividad en sus Propiedades.** Evalúa las fortalezas que tiene el adhesivo dada composición. La competitividad evalúa la posición en la que se encuentra el adhesivo frente a su principal producto competidor en cuanto a sus propiedades.
- **Criterio 10: Facilidad de Elaboración.** Este criterio contempla los aspectos relativos a la formulación para cada aplicación. Evalúa la facilidad de preparación del adhesivo teniendo en cuenta aspectos como condiciones de operación, requerimientos de manufactura y demás aspectos inherentes a la elaboración.
- **Criterio 11: Importancia del Adhesivo en el Producto Final.** Por tratarse de productos intermedios (insumos para otro producto), se evalúa mediante este criterio la importancia del adhesivo dada la aplicación, es decir que tan importante es el papel que juega el adhesivo en el producto final.

Criterios Económicos

- **Criterio 12: Margen de Utilidad.** Contempla la relación entre el costo de producción y el precio de venta del adhesivo.
- **Criterio 13: Competitividad en Precio.** Con este criterio se pretende evaluar si el precio del producto es competitivo frente a productos competidores existentes en el mercado.

Criterios Ambientales

- **Criterio 14: Biodegradabilidad de sus Componentes.** Contempla la selección de un producto cuyos aditivos no resulten contaminantes o nocivos para el medio ambiente.
- **Criterio 15: Facilidad para el Reciclaje del Producto Final.** Este criterio evalúa si el adhesivo facilita el reciclaje del producto que ha sido elaborado con este.

4.3.3 Ponderación Preferencial de los Criterios. Los criterios resultan usualmente de diferente importancia para el centro decisor. Por esta razón, en esta etapa se atribuyó una importancia relativa a cada criterio basado en una escala de 0 a 100 puntos. Cada integrante del centro decisor realizó esta ponderación por separado y posteriormente se procedió a promediar los valores que cada uno de estos atribuyó a los criterios. El formato suministrado a los integrantes del centro decisor se presenta en el Anexo E.

Una vez ponderados los criterios se procedió a calcular el peso relativo que tiene cada uno de ellos. El peso relativo indica la importancia que tiene cada criterio con relación al total. Este valor se obtiene de la división de cada puntaje parcial entre la sumatoria total de los puntajes. Finalmente, el Cuadro 6 resume los criterios establecidos, el puntaje otorgado por el centro decisor y su respectiva importancia.

Cuadro 6. Ponderación preferencial de los criterios

Grupo	Criterio	Ponderación	Importancia Relativa
Mercado	1 Potencial de mercado	90	7,31%
	2 Demanda	93	7,55%
	3 Crecimiento del mercado	90	7,31%
	4 Ciclo de vida del producto	77	6,25%
	5 Potencial de ser desarrollado por el usuarios	97	7,87%
	6 Potencial como producto sustituto	87	7,06%
	7 Barreras del sector a penetrar	80	6,49%
	Suma Parcial	614	49,84%
Técnicos	8 Utilización de la material prima	63	5,11%
	9 Competitividad en sus propiedades	100	8,12%
	10 Facilidad de elaboración	60	4,87%
	11 Importancia del adhesivo en el producto final	63	5,11%
	Suma Parcial	286	23,21%
Económico	12 Margen de utilidad	83	6,74%
	13 Competitividad en precio	83	6,74%
	Suma Parcial	166	13,47%
Ambiental	14 Biodegradabilidad de sus componentes	83	6,74%
	15 Facilidad para el reciclaje del producto final	83	6,74%
	Suma Parcial	166	13,47%
SUMA TOTAL		1232	100%

Fuente: Las Autoras

4.3.4 Evaluación de las Alternativas. Esta etapa, a diferencia de las demás, es realizada por un grupo de expertos cuya selección se describe posteriormente. Para la obtención de la evaluación de las alternativas se suministró al grupo de expertos el problema previamente identificado y se les pidió que calificaran cada una de las alternativas de producto de acuerdo a los criterios suministrados. Para la calificación se asignó una escala numérica de 1 – 5. Donde 1 corresponde a la peor calificación que puede obtener la alternativa y 5 la mejor. Para ello se diseñó un formato (Anexo F) que contempla los diversos criterios de selección, su respectiva explicación y las alternativas disponibles (los cuatro posibles adhesivos a diseñar). Adicionalmente se diseñó una hoja de soporte (Ver Anexo G) en el que se le suministra a cada experto información relevante para llevar a cabo evaluación.

Para diligenciar este formato se realizaron reuniones personales e individuales con cada uno de los expertos con el fin de calificar cada uno de los adhesivos frente a los criterios definidos. Además, con el fin de estructurar la información relevante suministrada en la

consulta se diseñó un formato en el que el experto escribe la justificación asociada a la calificación que ha otorgado. Este método de evaluación justificada permitió estructurar la información suministrada por los expertos logrando así aprovechar mejor la consulta y obtener más información relacionada con el producto a diseñar. El formato para la justificación de la evaluación se presenta en el Anexo H.

En el Cuadro 7 se registran los niveles de calificación para cada uno de los criterios de selección.

Cuadro 7. Niveles de Calificación

CRITERIO			ESCALA	NIVEL DE CALIFICACIÓN
MERCADO	1	Potencial de Mercado	1	Muy Pequeño
			2	Pequeño
			3	Medio
			4	Grande
			5	Muy Grande
	2	Demanda	1	Muy Bajo
			2	Bajo
			3	Medio
			4	Grande
			5	Muy Grande
	3	Crecimiento del Mercado	1	Proyecta gran decrecimiento
			2	Proyecta decrecimiento
			3	Estático
			4	Proyecta crecimiento
			5	Proyecta Gran crecimiento
	4	Ciclo de Vida del Producto	1	Productos en introducción, crecimiento y madurez
			5	Productos en decadencia
	5	Potencial de ser desarrollado por el usuario	1	El usuario tiene un Gran potencial de desarrollar su propio adhesivo
			2	Es probable que el usuario desarrolle su propio adhesivo
			3	La misma posibilidad de desarrollarlo que de continuar adquiriendo el adhesivo como producto ya elaborado
			4	Es poco probable que el usuario desarrolle su propio adhesivo
			5	El producto no tiene ninguna posibilidad de ser desarrollado por el usuario.
	6	Potencial como producto sustituto	1	Muy Bajo
			2	Bajo
			3	Medio
			4	Alto
			5	Muy Alto
	7	Barreras del Sector a penetrar	1	El sector de aplicación es absolutamente impenetrable
			2	El sector de aplicación es difícil de penetrar
			3	El sector de aplicación es medianamente difícil de penetrable
			4	El sector de aplicación es fácil de penetrar
			5	El sector de aplicación es absolutamente penetrable
	8		1	Muy Bajo contenido de dextrina

		Utilización de la Materia Prima	2	Bajo contenido de dextrina
			3	Mediano contenido de dextrina
			4	Alto contenido de dextrina
			5	Muy alto contenido de dextrina
	9	Competitividad en sus propiedades	1	Gran desventaja competitiva frente a su principal producto competidor
			2	Desventaja Competitiva frente a su principal producto competidor
			3	Propiedades Equivalente frente a su principal producto competidor
			4	Ventaja competitiva frente a su principal producto competidor
			5	Gran ventaja competitiva frente a su principal producto competidor
	10	Facilidad de elaboración	1	Muy difícil
			2	Difícil
			3	Medio
			4	Fácil
			5	Muy Fácil
	11	Importancia del adhesivo en el producto final	1	Baja importancia
			3	Media importancia
			5	gran importancia
ECONÓMICO	12	Margen de utilidad	1	Muy Bajo
			2	Bajo
			3	Medio
			4	Amplio
			5	Muy Amplio
	13	Competitividad en Precio	1	Precio No competitivo comparado con su principal producto sustituto
			3	Precio Igualmente competitivo comparado con su principal producto sustituto
			5	Precio Muy Competitivo comparado con su principal producto sustituto
AMBIENTAL	14	Biodegradabilidad de sus componentes	1	El adhesivo contiene aditivos contaminantes
			5	El adhesivo No contiene aditivos contaminantes
	15	Facilidad para el reciclaje del producto final	1	Dadas las condiciones del adhesivo en el producto final, este impide el reciclaje
			5	Dadas las condiciones del adhesivo en el producto final, este facilita plenamente el reciclaje

Fuente: Las Autoras

▪ **Expertos Participantes.** La selección de los participantes del método Delphi es un factor de particular importancia puesto que de esto depende en gran parte la eficacia del método y la calidad de los resultados.

Los expertos se seleccionaron a partir del grupo de personas con las que se estableció contacto durante el estudio de campo realizado en el capítulo 3. En dicha investigación de mercado se realizaron visitas que pretendía indagar libremente sobre las aplicaciones de las pirodextrinas en la industria. Este contacto con personal relacionado con el tema,

resultó estratégico para la identificación del grupo de expertos para la presente etapa del proyecto.

Se identificaron las personas conocedoras del tema de los adhesivos, y fueron elegidos teniendo en cuenta los siguientes criterios

✓ *Nivel de experiencia.* Hace referencia al nivel de conocimiento que posee el experto frente al tema, esta es una condición de partida, pues el conocimiento sobre la materia le confiere la autoridad necesaria para que sus opiniones contribuyan de manera efectiva en la selección. Este requerimiento se puede medir con base al tiempo que lleva la persona vinculada al tema de los adhesivos.

✓ *Nivel de actualización.* Contacto permanente del experto con las tendencias tecnológicas de los adhesivos. Este criterio garantiza el diseño de un producto no obsoleto, ya que se supone que por su experiencia estas personas posean una amplia visión frente al tema objeto de la consulta.

✓ *Imparcialidad del experto frente a la aplicación.* La satisfacción de este requisito, se basa en asegurarse que los expertos no posean una inclinación hacia una aplicación en particular. Para ello se prefirió expertos que manejaran el tema de los adhesivos en todos los campos de aplicación. Se concluyó que para efectos de este requisito no era conveniente seleccionar expertos que constituyeran "usuarios", pues es muy probable que estos solo manejen el tema relativo a la aplicación a la cual pertenece. Lo que llevaría a que estos tuvieran una clara inclinación hacia el producto que manejan. En consecuencia, los expertos seleccionados para la calificación fueron personas vinculadas a la producción y/o comercialización de adhesivos y de esta manera se garantizó que las opiniones no fueran sesgadas o parcializadas hacia ninguna aplicación en especial.

✓ *Apertura del experto frente al suministro de información:* con la aplicación de este criterio se pretende conseguir opiniones sinceras y abiertas frente a la posibilidad de desarrollar nuevos productos. Este criterio se tomó en consideración dado que es factible que las personas pueden oponer ciertas barreras que dificultaban el levantamiento de la información y por ende sesguen el puntaje otorgado a las alternativas de producto.

Finalmente, basados en los anteriores criterios se eligió un grupo de ocho participantes que mejor cumplieron con los aspectos requeridos para la presente selección.

En el Cuadro 8 se exponen los expertos que se eligieron, la empresa a la cual están vinculados y su respectivo cargo que desempeñan.

Cuadro 8. Expertos Participantes

Nombre	Empresa	Cargo
Carlos Sepúlveda	Industria Química Aserquim Ltda	Gerente de Ventas
Mauricio Reyes	Raisio Chemicals	Gerente Comercial
Juan Carlos Salcedo	HB Fuller Colombia Ltda	Gerente de Zona
Lucero Morales	Carvajal S.A	Asistente Técnica Terminaciones
Walter delgado	National Starch & Chemical	Technical Service Market Development Manager Industrial Starch Division
Gustavo Quecan	Pegatex Ltda	Gerente Técnico y de Operaciones
Carlos Man Rincón	Industrias del Maíz S.A	Asesor Comercial
Olga Lucía de Duque	Deterquin & Cia Ltda	Gerente Técnico

Fuente: Las Autoras

4.3.5 Resultados de la Calificación. Las calificaciones otorgadas por cada experto se promediaron con el fin obtener un solo valor para cada producto. La Tabla 5 detalla las calificaciones promediadas.

Tabla 5. Calificaciones promediadas de las cuatro alternativas de adhesivos según los expertos participantes

CRITERIO			ADHESIVO			
			A	B	C	D
			Cerrado de cajas corrugadas	Fabricación cores o tubos de cartón	Fabricación de sacos y bolsas de papel	Etiquetado de Botellas
Mercado	1	Potencial de Mercado	3,63	2,75	4,13	2,13
	2	Demanda	4	2,88	4,38	2,63
	3	Crecimiento del mercado	2,75	3,63	4,25	2,13
	4	Ciclo de vida del producto	3,5	4,5	4,5	3
	5	Potencial de ser desarrollado por el usuario	5	1,38	2,88	3,88
	6	Potencial como producto sustituto	3,63	2,88	3,75	2,63
	7	Barreras del Sector a penetrar	4,38	3,38	4	1,75
Técnico	8	Utilización de la material prima	4,63	2,75	4,38	4
	9	Competitividad en propiedades funcionales	3,25	2,88	2,88	1,25
	10	Facilidad de elaboración	4,38	4	3,63	1,88
	11	Importancia del adhesivo en el producto final	2,88	4,88	4,88	4
Económico	12	Margen de Utilidad	2,38	3	3,13	4,25
	13	Competitividad en Precio	4,38	4,63	4,25	4,88
Ambiental	14	Biodegradabilidad de sus componentes	5	4	5	4
	15	Facilidad del reciclaje del producto final	5	3,13	5	5

Fuente: Las Autoras

Para llevar a cabo la selección del producto más adecuado para su posterior diseño, se usó el método de calificación a través de matrices. Finalmente la elección se realiza a partir de la matriz de decisión [C] que es producto de la multiplicación de dos matrices [A] y [B]. Las matrices se exponen en la Figura 25 donde:

Matriz A: se obtiene de la calificación otorgada por el conjunto de expertos frente a los criterios establecidos. Dado que el número de alternativas es 4 y el número de Criterios es 15, la matriz [A] es de 4 filas y 15 columnas. (Tamaño 4 X 15).

Matriz B: se obtiene del peso relativo otorgado por el centro decisor a cada uno de los criterios de selección. Dado que son 15 criterios, la matriz [B] es de 15 filas y 1 columna. (Tamaño 15 X1).

Matriz C: se obtiene de la multiplicación de la Matriz [A] y la matriz [B]. Como resultado de esta multiplicación se obtiene una matriz de 4 filas y 1 columna (Tamaño 4 X 1).

Figura 25. Matrices obtenidas con el método de selección

Matriz [A]															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	3,63	4,00	2,75	3,50	5,00	3,63	4,38	4,63	3,25	4,38	2,88	2,38	4,38	5,00	5,00
B	2,75	2,88	3,63	4,50	1,38	2,88	3,38	2,75	2,88	4,00	4,88	3,00	4,63	4,00	3,13
C	4,13	4,38	4,25	4,50	2,88	3,75	4,00	4,38	2,88	3,63	4,88	3,13	4,25	5,00	5,00
D	2,13	2,63	2,13	3,00	3,88	2,63	1,75	4,00	1,25	1,88	4,00	4,25	4,88	4,00	5,00

Tamaño: 4 x 15

Matriz [B]	
1	7,31%
2	7,55%
3	7,31%
4	6,25%
5	7,87%
6	7,06%
7	6,49%
8	5,11%
9	8,12%
10	4,87%
11	5,11%
12	6,74%
13	6,74%
14	6,74%
15	6,74%

Tamaño: 15 x 1

Matriz [C] = Matriz [A] x Matriz [B]

A	3,91
B	3,31
C	4,03
D	3,13

Tamaño: 4 x 1

Fuente: Las Autoras

De acuerdo a la matriz resultante (*matriz [C]*), el adhesivo para la fabricación de sacos multipliegos obtuvo el mayor puntaje 4,03, seguido del adhesivo para el cierre de cajas corrugadas que obtuvo una calificación de 3,91. Por su parte, el correspondiente a la

elaboración de tubos de cartón en espiral obtuvo 3,31, y el de etiquetado de botellas obtuvo el menor de los puntajes, 3,13.

Se puede observar que la alternativa A obtuvo un resultado muy cercano a la alternativa C. A diferencia de las otras dos alternativas B y D que resultaron con puntajes relativamente lejanos, 3.31 y 3.13 respectivamente.

La similitud entre los puntajes de A y C dificultó la elección de una única alternativa, por esta razón, según este método cuantitativo se optaría por el diseño de las dos alternativas de mayor puntaje. No obstante, para no basarse únicamente en el método de matriz de decisión fue necesario realizar un análisis mas profundo de los resultados y de esta manera llegar a la decisión más favorable.

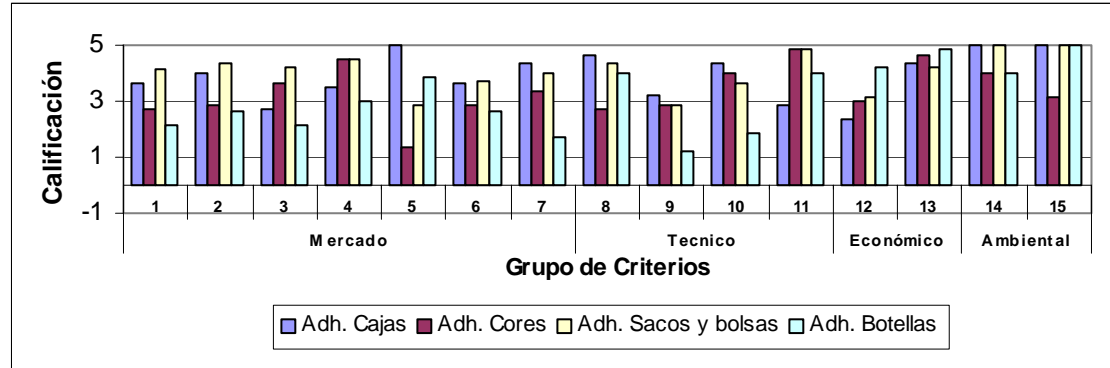
4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La metodología de selección permitió ver de manera consolidada los resultados totales obtenidos en la evaluación. Sin embargo, los resultados no presentaron diferencias significativas como para basar la decisión únicamente en estos valores. Por esta razón se realizó un análisis más riguroso de las calificaciones obtenidas en la evaluación y además se tuvo en cuenta toda la información obtenida a través de la evaluación justificada. Primero se realizó un análisis parcial de las calificaciones y posteriormente un análisis estratégico de la información suministrada por los expertos.

4.4.1 Análisis Parcial de las Calificaciones. Con el objetivo de evaluar de manera mas completa el desempeño de cada producto frente a los diversos aspectos, se realizó un análisis mas detallado basado en las calificaciones parciales obtenidas por cada producto.

La Figura 26 ilustra el comportamiento de cada adhesivo frente a los diversos criterios.

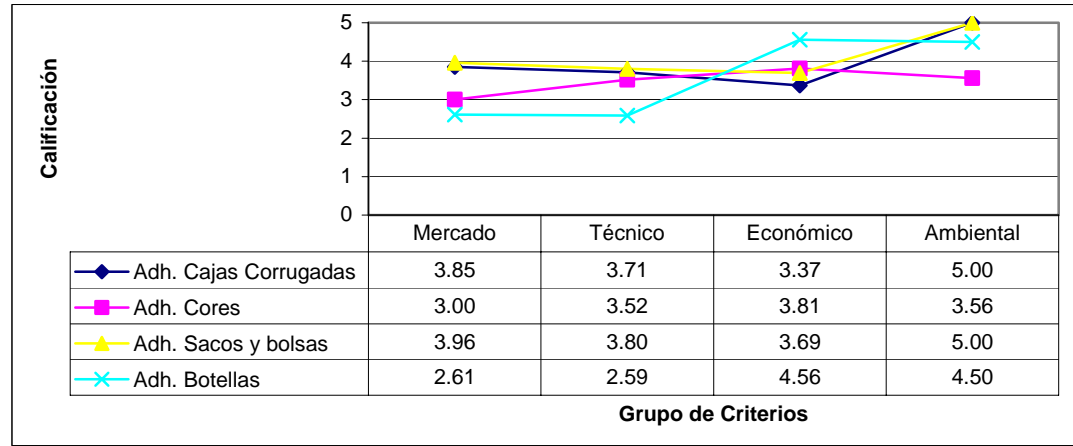
Figura 26. Comportamiento de los productos frente a los criterios de selección



Fuente: Las Autoras

La Figura 27 se realizó basándose en las calificaciones parciales obtenidos por el adhesivo frente a cada grupo de criterios. Estos valores parciales contribuyeron de manera significativa a sacar conclusiones más certeras alrededor de cada adhesivo y de esta manera fundamentar mejor la selección.

Figura 27. Comportamiento de los productos en cada grupo de criterios de selección.



Fuente: Las Autoras

Frente a criterios de **mercado**, tanto el adhesivo para el cierre de cajas corrugadas como el adhesivo para fabricación de bolsas de papel manifestaron un gran potencial de mercado y alto crecimiento, además ambos proyectan una demanda atractiva. Basándose en el ciclo de vida del producto, ambas alternativas corresponden a productos en crecimiento y se podrían sostener en el mercado pues los usuarios para esta aplicación

no estarían dispuestos a fabricar su propio adhesivo. De igual manera los sectores respectivos a penetrar no oponen barreras significativas.

Por otro lado, en cuanto a criterios de orden **técnico** todas las alternativas resultan favorables con excepción del adhesivo para el etiquetado de botellas. Este aspecto se debe principalmente a los altos requerimientos de calidad por tratarse de un producto muy especializado y además dadas las propiedades técnicas de los adhesivos en base dextrina, es difícil competir con los de caseína que son los pegantes idóneos para esta aplicación.

Por el contrario, el grupo de criterios de orden **económico** manifiesta que el adhesivo para etiquetado de botellas es la alternativa que mejores márgenes de utilidad proyecta.

Finalmente los criterios de orden **ambiental** resultaron comparativamente iguales en todas las alternativas con excepción del adhesivo para cores, ya que en su fabricación incluye adhesivo sintético tipo PVA que dificulta la eliminación del adhesivo para el proceso de reciclaje.

4.4.2 Análisis DOFA de los Productos. En la consulta hecha a los expertos, se obtuvo información como resultado de la justificación otorgada a cada calificación. Para estructurar estos aspectos se realizó un análisis DOFA, determinando las ventajas y desventajas de cada alternativa. Este análisis se resume en la matriz DOFA correspondiente al Anexo I.

A continuación se exponen los aspectos más relevantes de cada producto.

Producto A: Adhesivo para el cerrado de cajas corrugadas

Análisis Interno

▪ **Fortalezas**

- ✓ Gran tamaño de mercado: todas las empresas que empacan sus productos en cajas corrugadas constituyen mercado potencial para este producto; las empresas que actualmente utilizan grapas, papeles y cintas adhesivas para el sellado de cajas también constituyen mercado potencial
- ✓ La demanda que se proyecta para este producto puede llegar a ser muy atractiva, pues, aunque se trata de un mercado institucional, es la alternativa que más se acerca a un consumo masivo

- ✓ Bajo costo hace que sea un producto de interés para el consumidor
- ✓ La fácil eliminación del adhesivo permite el reciclaje de las cajas corrugadas.
- ✓ Biodegradabilidad.
- **Debilidades**
- ✓ Tiempo abierto largo o baja velocidad de pegado
- ✓ Bajo margen de utilidad: por tratarse de un insumo para el proceso de empaque, los usuarios no están dispuestos a pagar altos precios por el producto.

Análisis Externo

- **Oportunidades**
- ✓ El mercado de este producto se podría beneficiar por la implementación de regulaciones relativas al empaque de productos alimenticios que prohíben el uso de grapas o adhesivos que puedan resultar tóxicos. Esto constituye una oportunidad de mercado para el producto, pues la cantidad de instituciones interesadas en adquirirlo aumentaría significativamente.
- ✓ La creciente tendencia de las instituciones hacia procesos y productos más sostenibles desde lo ambiental constituye una oportunidad de mercado:
- ✓ La baja probabilidad que tiene el usuario de desarrollar su propio adhesivo, hace que este siempre tenga que adquirir el adhesivo como producto ya elaborado.
- **Amenazas**
- ✓ La disminución de precios de cintas adhesivos, emulsiones de PVA y demás adhesivos sintéticos hace que este producto no presente un crecimiento de mercado considerable.

Producto B: Adhesivo para la fabricación de cores o tubos de cartón en espiral

Análisis Interno

- **Fortalezas**
- ✓ Ciclo de vida aceptable: los cores o tubos de cartón son un producto en crecimiento.
- ✓ El adhesivo para la fabricación de cores es de gran importancia para el producto final; este, junto con el cartón son los únicos componentes del tubo en espiral.

- ✓ Alta competitividad en precio: dado el bajo costo de este insumo, los productores de cores lo utilizan para abaratar costos de materia prima.

- ✓ Biodegradabilidad

- **Debilidades**

- ✓ Mercado potencial moderado

- ✓ La demanda que se proyecta para este producto no es muy atractiva

- ✓ Uniones adhesivas menos fuertes

- ✓ El alto contenido de humedad hace que el cartón pierda resistencia

- ✓ Tiempo abierto largo o baja velocidad de pegado

- ✓ La baja competitividad en sus propiedades frente a emulsiones de PVA, hace que no sea posible lograr una sustitución total de su principal competidor para esta aplicación. Lo anterior se debe a las debilidades inherentes al producto de dextrina anteriormente mencionadas.

- ✓ Bajo margen de utilidad: los cores constituyen productos intermedios como empaques cilíndricos y componentes para otros productos (por ejemplo los tubos para papel higiénico y tubos en los que se enrolla textiles o papeles para uso industrial). Por otra parte, también constituyen insumos para otros procesos como es el caso de los tubos rotatorios en maquinarias para operaciones de enbobinado entre otras. Dada la naturaleza de estos productos, el costo de este insumo no puede encarecer el precio del producto final. Este aspecto hace que el producto genere estrechos márgenes de utilidad.

Análisis Externo

- **Oportunidades**

- ✓ El sector no opone barreras significativas ante la introducción del producto dada la buena capacidad de este adhesivo para competir con el PVA desde el punto de vista económico.

- ✓ Los expertos aseguran que técnicamente es posible sustituir el PVA de manera parcial para la fabricación del tubo. Esta sustitución del insumo permite reducir costos de materia prima para esta aplicación.

- ✓ La anterior sustitución parcial del insumo, deriva altos volúmenes de consumo del adhesivo. En cuanto a proporciones, el 70% del adhesivo usado para la fabricación de este producto es a partir de dextrina y es usado para pegar las capas mas internas del tubo. Mientras que el 30 % es PVA y se usa para las capas más externas

✓ Fabricar un core o tubo en espiral basado únicamente en adhesivos de PVA u otros sintéticos, encarecería enormemente el valor de este producto y por consiguiente no sería posible sostenerse en el mercado. En consecuencia los adhesivos a base de dextrina se hacen indispensables en esta aplicación.

▪ **Amenazas**

✓ Existe una gran posibilidad de que los productores de cores opten por fabricar su propio adhesivo, situación que ocasionaría la suspensión de la compra del adhesivo de dextrina.

✓ La gran competitividad de las emulsiones de PVA en sus propiedades constituye una amenaza para el producto. Dado que son adhesivos mucho mas rápidos, estables y resistentes a la humedad.

✓ Hoy en día es posible encontrar en el mercado emulsiones de PVA y demás adhesivos sintéticos a precios bajos, situación que amenaza el mercado de los adhesivos a partir de dextrina.

Producto C: Adhesivo para la Fabricación de Bolsas de Papel y Sacos Multipliegos

Análisis Interno

▪ **Fortalezas**

✓ Frente criterios de mercado este producto manifiesta un gran potencial, una demanda atractiva y el mas alto crecimiento de las cuatro alternativas

✓ Alta competitividad en sus propiedades: a partir de dextrina de yuca se pueden fabricar adhesivos que forman película mas transparente y brillante comparada con los provenientes del maíz cuya película en ocasiones resulta opaca y quebradiza. Así mismo es posible obtener propiedades superiores como mayor adhesividad y estabilidad comparada con otras fuentes amiláceas. Esta característica constituye una fortaleza ante los fabricantes de sacos multipliegos, que requieren ciertas características de calidad.

✓ Bajo costo comparado con emulsiones de PVA y demás adhesivos sintéticos

✓ Facilidad de eliminación permite el reciclaje de las bolsas y sacos para repulpar el material.

✓ La implementación de estos insumos en la fabricación de sacos multipliegos hace que los efluentes vertidos por el proceso de lavado de tanques no sean tan perjudiciales

✓ Biodegradabilidad

▪ **Debilidades**

✓ Los adhesivos a partir de dextrina requieren un tiempo abierto largo, aspecto que resulta desfavorable para los productores de sacos ya que lo ideal es que el proceso que secado ocurre mientras el arrume de los mismos. Un tiempo adicional para esta operación atrasaría de manera significativa los tiempos de entrega.

✓ Por tratarse de adhesivos de baja resistencia a la humedad, en ocasiones humedece el sustrato causando el rompimiento de la fibra

✓ Bajo margen de utilidad: los productos como sacos multipliegos para el empaque de cemento, azúcar, harina son productos cuyo valor unitario es considerablemente bajo. Por esta razón el costo de los adhesivos para dicha aplicación no debe encarecer el valor final de las bolsa o el saco multipliego

Análisis Externo

▪ **Oportunidades**

✓ Las instituciones que han optado por desarrollar su propio adhesivo han destinado esfuerzos considerables para el desarrollo con el objeto de reducir costos asociados a la compra de este. Estos han tenido problemas para lograr las especificaciones requeridas, por lo que gran parte de ellas han tenido que acudir de nuevo a la compra de este ya elaborado por empresas especializadas y de gran experiencia en el campo de adhesivos.

✓ La tendencia de la producción de papel para empaques reciclables

✓ Regulaciones ambientales que exigen materias primas con contenido total o parcial de fibra reciclada, hacen que este tipo de adhesivos posee gran ventaja por su facilidad de eliminación dada la alta solubilidad inherente a la dextrina

✓ Existe una marcada preferencia hacia este tipo de adhesivos ya que se prefieren sustancias de fácil eliminación para el proceso de lavado de los tambores o rodillos engomadores.

▪ **Amenazas**

✓ Existe cierta posibilidad de que los productores de sacos multipliegos y bolsas de papel opten por desarrollar su propio adhesivo con el objeto de reducir costos asociados a la compra de insumo. Por consiguiente, estos suspenderían la compra del adhesivo ya elaborado.

- ✓ El sector opone barreras considerables dado que los adhesivos utilizados para la confección de bolsas son muy especializados y por lo tanto el sector exige altos niveles de calidad.
- ✓ Las máquinas que elaboran sacos y bolsas de papel manejan altas velocidades para realizar el engomado, esto exige adhesivos de óptimo desempeño y sobre todo tiempos de secado muy corto.
- ✓ Disminución de precios emulsiones de PVA y demás adhesivos sintéticos

Producto D: Etiquetado de Botellas

Análisis Interno

▪ **Fortalezas**

- ✓ El bajo costo de los adhesivos de dextrina hace que sea un producto muy competitivo en cuanto a precio, para esta aplicación la diferencia en precio frente al principal competidor (adhesivos de caseína), es muy significativa.
- ✓ Los adhesivos para etiquetado de botella se pueden vender a muy buen precio, generando amplios márgenes de utilidad
- ✓ Esta aplicación requiere adhesivos muy especializados, pues la etiqueta debe estar adherida a la botella el tiempo requerido y también debe ser resistente a la humedad para resistir a la refrigeración de la bebida. Además la etiqueta debe ser removida con facilidad de la botella durante el proceso de lavado para dar inicio a un nuevo ciclo de la botella. Esta es sin duda, una característica atractiva para los productores de bebidas líquidas que realizan logística reversa²³ para el reuso de los envases como es el caso de la cerveza.
- ✓ Al tratarse de un adhesivo de origen vegetal y de fácil eliminación los efluentes generados por el lavado de botellas no son tan contaminantes
- ✓ Biodegradabilidad

²³ Logística Reversiva: proceso gestión y disposición de mercancías que después de su comercialización requieren que sean devueltas desde el destino final hasta su origen, es decir, en dirección opuesta al flujo de actividades normales de la Logística

▪ **Debilidades**

- ✓ El adhesivo a base de dextrina para el etiquetado de botellas se encuentra en cierta posición de desventaja competitiva frente a los adhesivos de caseína. Lo anterior se debe principalmente a que los adhesivos de caseína son de alta resistencia a la humedad y requieren tiempos de secado.
- ✓ Baja demanda: el consumo de este producto resulta moderado mas por las pocas empresas que componen el mercado que por volumen requerido en la aplicación.

Análisis Externo

▪ **Oportunidades**

- ✓ La escasez y el alto costo de la caseína hace que los usuarios de adhesivos para etiquetado tengan que buscar insumos que sustituyan este producto.
- ✓ Es poco probable que los productores de cerveza desarrollen su propio adhesivo para el etiquetado de botellas, pues esto los alejaría de su principal actividad productiva.

▪ **Amenazas**

- ✓ Los adhesivos requeridos para la fabricación de etiquetado son muy especializados y requieren altos niveles de calidad. Este aspecto no solo dificulta la penetración al sector, sino también hacen que su elaboración sea un poco mas compleja.
- ✓ Además de ser pocas las empresas que constituyen el mercado de este producto, es escasa la conformación de nuevas empresas productoras de bebidas líquidas, las barreras de entrada a este sector son muy altas. Para el caso de las productoras de cerveza, que es el principal consumidor de adhesivos para etiquetado, las firmas más pequeñas tienden a unirse a las grandes como el caso Leona y Bavaria S.A. Esta situación hace que el tamaño potencial del mercado sea muy pequeño y que no se vislumbre un crecimiento de mercado significativo.
- ✓ Las pocas empresas que conforman este mercado hacen que hayan pocos demandantes frente a muchos oferentes. Esta situación dificulta la competencia entre proveedores potenciales para ganar las exigentes licitaciones expedidas por estas grandes firmas consumidoras del producto
- ✓ Los requerimientos técnicos tan exigentes asociados a los adhesivos para etiquetado de botellas, hacen que sea muy difícil penetrar en este sector.

4.4 PRODUCTO A DISEÑAR

Finalmente no se diseñará un producto correspondiente a una única aplicación, si no que se procederá a realizar el diseño de un adhesivo para las dos aplicaciones que, de acuerdo al anterior análisis, resultaron más viables. En consecuencia los adhesivos a diseñar son los siguientes:

- ❖ Adhesivo basado en pirodextrina de yuca para el cerrado de cajas corrugadas.
- ❖ Adhesivo basado en pirodextrina de yuca para la fabricación de sacos multipliegos y bolsas de papel.

Estos dos productos obtuvieron los dos mejores puntajes según el método de selección y además presentaron el mejor desempeño frente al análisis parcial de los criterios y adicionalmente frente al análisis DOFA estos también resultaron favorecidos.

5. DISEÑO DEL PRODUCTO

Las organizaciones han reconocido la importancia de mejores productos, procurando explotar al máximo el potencial de las nuevas tecnologías. Sin embargo, en la actualidad las exigencias han aumentado, el surgimiento de una economía global, caracterizada por la competencia internacional, mercados fragmentados por diversos consumidores y los cambios acelerados en las tecnologías usadas han generado una nueva forma de ver los mercados. En la actualidad se requieren compañías efectivas en el diseño y desarrollo de productos, los cuales deben no sólo satisfacer las expectativas del consumidor, sino ser competitivos a nivel de costos y calidad, superando a los productos de la competencia. Por lo tanto, se hace necesario dedicarle mayor atención y reflexión al desarrollo de nuevos productos. Existen diversos métodos, muy variados y enfocados a diferentes etapas del proceso de desarrollo, dentro de las mas usadas se encuentran la Ingeniería Concurrente y Despliegue de la Función de Calidad. Para la selección de la herramienta mas adecuada para los propósitos del estudio se realizó una evaluación de las dos herramientas con base en la definición de criterios de selección y evaluación de cada una de las herramientas frente a estos. Una vez seleccionada la herramienta se procedió al diseño del producto.

5.1 SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE DISEÑO

Se evaluaron las dos alternativas para el diseño. Para ello se definieron criterios de evaluación a los cuales se les asignó un peso relativo. 1 a 5 de acuerdo al grado de aplicación en el presente estudio (1= deficiente, 2= malo, 3= regular, 4= bueno, 5= excelente). Los criterios tenidos en cuenta fueron los siguientes:

- **Criterio 1: Relación con el objetivo general del proyecto.** Este criterio busca analizar el grado de similitud que existe entre el objetivo del proyecto y el objetivo de la herramienta, es decir en que grado la herramienta seleccionada ayuda a cumplir con los objetivos del proyecto.
- **Criterio 2: Procedimiento.** Hace referencia a que tan estructurada es la metodología y que tan claros están definidos los pasos para poder llevar a cabo un diseño efectivo

- **Criterio 3: Manejo de información.** Permite determinar la cantidad y calidad de los medios para el manejo de la información.
- **Criterio 4: Flexibilidad.** Determina la posibilidad de aplicar los conceptos teóricos de la metodología al caso práctico del proyecto.
- **Criterio 5: Cuantificación de datos.** En este criterio se evalúa si la metodología permite valorar numéricamente la información procesada, traduciéndola de una forma cualitativa a una forma cuantitativa.

En el cuadro 9 se presenta la evaluación de las herramientas de diseño frente a cada criterio de selección. El resultado demostró que QFD es la metodología que más se ajusta a los objetivos del proyecto, dado que obtuvo el mayor puntaje, por lo tanto se seleccionó para el diseño se llevó a cabo usando esta herramienta.

Cuadro 9. Evaluación de las herramientas de diseño de producto

Criterio	Despliegue de la Casa de la Calidad			Ingeniería concurrente		
	Ponderación	Calificación	Calificación Promedio	Ponderación	Calificación	Calificación Promedio
1. Relación con el objetivo general del	Traducir y transmitir las exigencias de los usuarios			Reducir el tiempo de respuesta (Time to market) a través de un enfoque sistemático e integrado, teniendo en cuenta todos los aspectos del ciclo de vida del producto.		
	20%	4	0.8	20%	4	0.8
2. Procedimiento	4 Fases: Establecer las necesidades del consumidor. Establecer los componentes del producto. Determinar el proceso de producción* Establecer los controles de manufactura del proceso. Se lleva a cabo mediante la formación de un equipo.			No sigue una metodología pero sugiere una forma de trabajo: § Definición de la misión / Definición del concepto / Ingeniería y análisis Diseño del producto / Fabricación del prototipo / Ingeniería de producción y planeación / Operaciones de producción y c		
	20%	5	1.25	20%	5	1.25
3. Manejo de información	Matrices, tablas, diagramas de funciones y árboles, lluvia de ideas, diagramas de interrelaciones, diagramas de afinidad.			Principalmente requiere el uso de software, hardware y sistemas de redes.		
	10%	5	0.75	10%	5	0.75
4. Flexibilidad	Su aplicación parte de la necesidad de encontrar los deseos del consumidor, por lo cual se puede usar para varios tipos de productos			Debido a que utiliza herramientas costosas su aplicabilidad no es posible en todas las organizaciones.		
	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8
5. Cuantificación de datos	Permite cuantificar la información obtenida de los usuarios a través fases con el mismo proceso.			Permite cuantificar varios tipos de información, pero requiere de metodologías diferentes para cada proceso analizado.		
	10%	5	0.5	10%	5	0.5
Total	10%		4.1	10%		4.1

Fuente: Las Autoras

Según el cuadro anterior la herramienta QFD tuvo mayor puntaje en el criterio 1 dado que en este caso no se desea reducir el tiempo de lanzamiento al mercado o los costos de un producto sino aprovechar una materia prima obedeciendo a las necesidades del mercado. En el criterio dos las fases para el desarrollo de QFD son más sencillas y de fácil aplicación, lo mismo ocurre en el criterio flexibilidad dado que esta herramienta puede ser aplicada para el diseño de diferentes tipos de productos.

5.2 HERRAMIENTA DE DISEÑO: DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE LA CALIDAD,

La herramienta QFD (Quality Function Deployment), se originó en Japón en 1972 y fue desarrollada por Kobe Shipyard en las industrias Mitsubichi. Sin embargo, los mejores resultados se dieron en Toyota a partir de 1977. Luego fue adoptada por varias compañías de Estados Unidos entre las cuales se encuentran Ford y Xerox.

5.2.1 Definición. El Despliegue de las Funciones de Calidad (QFD) es una forma sistemática de diseñar nuevos productos o servicios que se basa en el conocimiento completo de los deseos del consumidor. En ella se identifican los requerimientos del consumidor y se proporciona una metodología para asegurar que esos requerimientos estén presentes en el diseño del producto y en el proceso de planeación. En pocas palabras, QFD significa oír la voz del consumidor y plasmarla a través de acciones concretas. En muchas ocasiones se fabrican productos o diseñan servicios con unas excelentes presentaciones, a un bajo precio y, sin embargo, fracasan por no tener la acogida esperada en el mercado, lo cual implica que el diseño se ha hecho a espaldas del consumidor potencial o que aún conociendo las expectativas de éste, la traducción de estas a características no ha sido eficaz.

5.2.2 Objetivo. Esta herramienta tiene dos propósitos:

- Desplegar la calidad del producto o servicio. Es decir, el diseño del servicio o producto sobre la base de las necesidades y requerimientos de los clientes.
- Desplegar la función de calidad en todas las actividades y funciones de la organización, es decir precisar qué funciones debe desempeñar el recurso humano para obtener una calidad que satisfaga las necesidades de los clientes.

QFD se pregunta "QUÉ" necesitan y esperan del o producto o servicio los usuarios. También se interroga por "CÓMO" conseguir satisfacer necesidades y expectativas.

5.2.3 Procedimiento. El despliegue de la Función de Calidad se compone de una fase preliminar y cuatro fases sucesivas similares. Las cuatro fases son: Planificación del producto, Despliegue de los componentes, Planificación del Proceso, Planificación de la Producción. Para el desarrollo de estas fases se requiere cuatro matrices²⁴ (casas) que interrelacionan las necesidades del consumidor, las características del producto, las operaciones de manufactura y los controles del proceso. En cada matriz se desarrolla una etapa pasando de un nivel subjetivo a un nivel objetivo.

Cuadro 10. Pasos del Despliegue de la Casa de la Calidad

	Paso		Descripción
Fase Preliminar	1	Determinación del objetivo	Consiste en definir los lineamientos y el objetivo del proyecto de QFD.
	2	Formación del equipo QFD	Se seleccionan los miembros del equipo que estarán a cargo del desarrollo de la herramienta.
	3	Determinación del consumidor	Se seleccionan los segmentos de usuarios adecuados para recoger los datos e informaciones necesarios para el despliegue de la Casa de la Calidad.
	4	Determinación de la competencia	Se definen los principales competidores del producto a diseñar.
Fase I : Planificación del producto	1	Determinación de los requerimientos del consumidor (QUE's)	Se obtienen los requerimientos que los consumidores desean tenga el producto a diseñar. Estos se denominan requerimientos del consumidor.
	2	Traducción de los requerimientos del consumidor	Consiste en organizar, consolidar y traducir los requerimientos dados por los consumidores en el paso anterior.
	3	Determinación del grado de importancia	Consiste en asignar valores que determinen el grado de importancia de cada requerimiento del consumidor.
	4	Evaluación del consumidor	En este paso se determina la opinión de los consumidores frente a los productos competidores incluidos en el estudio.
	5	Desarrollo del historial de quejas	Se registran las no conformidades declaradas por los consumidores o usuarios de adhesivos.
	6	Establecimiento de los requerimientos de diseño (COMO's)	Se traducen los requerimientos del consumidor en características del producto medibles, que se denominan requerimientos de diseño.
	7	Organización de los requerimientos de diseño	Se identifican todos los requerimientos de diseño y se genera una lista final con sus respectivos valores objetivo.
	8	Realización de la evaluación de ingeniería	En esta etapa se determina la situación del producto a diseñar frente a sus competidores, no desde la óptica del consumidor sino del productor.
	9	Realización de la matriz de relaciones entre las necesidades del consumidor y los requerimientos de diseño	Esta es la etapa en cual se identifican las relaciones entre los QUE's y los COMO's, analizando en que forma el requerimiento de diseño satisface la necesidad, preguntándose: ¿Cómo el requerimiento de diseño soluciona la necesidad del consumidor?

²⁴ Una matriz se define como un gráfico esquemático para relacionar dos tablas en la cual se presentan todos los elementos de la Función de Calidad y sus relaciones.

	10	Establecimiento de los objetivos para los requerimientos de diseño (CUANTO's)	Consiste en determinar los valores para los requerimientos de diseño que logran la satisfacción de los consumidores y proporcionan una manera de medir objetivamente. Estos hacen referencia a un nivel de desempeño que se considera permitirá satisfacer al consumidor.
	11	Realización de la matriz de correlaciones	Consiste en establecer la relación entre cada requerimiento de diseño.
	12	Determinación del grado de dificultad organizacional	En esta etapa el equipo QFD identifica el nivel de dificultad para satisfacer los requerimientos de diseño. Se debe valorar qué tan factible es llevarlos a cabo.
	13	Clasificación por importancia técnica de los requerimientos de diseño	Consiste en asignar un valor de peso relativo que permite entender y organizar los requerimientos de diseño que satisfacen las necesidades del consumidor.
	14	Análisis de la matriz de planificación de producto	Se realiza una revisión de la matriz con el fin de definir los requisitos esenciales del producto para cumplir las necesidades del consumidor.
Fase II: Despliegue de los componentes	1	Transferencia de los requerimientos de diseño	Se seleccionan los requerimientos de diseño que se obtienen después del análisis de la matriz de planificación de producto, transfiriéndolos a la matriz de despliegue de los componentes. Estos requerimientos son los QUE's de la matriz.
	2	Requerimientos de diseño funcionales	Se completa la matriz de despliegue de los componentes con requerimientos adicionales que no han sido tenidos en cuenta inicialmente por el consumidor.
	3	Concepto de diseño determinado	Se define si el diseño del adhesivo ya tiene un concepto claro o si por el contrario es necesario compararlo con los diseños de la competencia.
	4	Desarrollo de la lista de materiales	Se determinan los componentes del producto. Estos componentes son los COMO's de la matriz.
	5	Determinación de las características críticas de los componentes	Se definen las características de los componentes del producto y sus valores objetivo para que satisfagan los requerimientos de diseño.
Fase III: Planificación del Proceso	1	Transferencia de las características críticas de los componentes	Se seleccionan los componentes de las partes que se obtienen después del análisis de la matriz de planificación de producto, transfiriéndolos a la matriz de Planificación de procesos.
	2	Determinación de restricciones del proceso	Se determinan las restricciones que pueden presentarse en la elaboración del producto.
	3	Determinación del proceso	Se define el proceso de producción del adhesivo.
	5	Determinación de los parámetros críticos del proceso	Los parámetros más importantes de cada operación para asegurar que esta se lleve a cabo correctamente.
Fase IV: Planificación de la Producción	1	Transferencia de los parámetros críticos de proceso	Se seleccionan los componentes de las partes que se obtienen después del análisis de la matriz de planificación de producto, transfiriéndolos a la matriz de Planificación de procesos.
	2	Evaluación de la operación	Se evalúa cada parámetro crítico del proceso en cuanto a su dificultad de ser controlado, la frecuencia de ocurrencia, la severidad y la habilidad para ser detectado
	3	Establecimiento de requerimientos de planificación	Se definen el tipo de controles que deben llevarse en la producción con el fin de cumplir los parámetros críticos de proceso.
	4	Desarrollo de instrucciones de operación	Se definen las actividades que el operario debe realizar durante el proceso.

Fuente: Las Autoras

5.3 FASE PRELIMINAR

En esta fase se definen los objetivos y el procedimiento a seguir.

5.3.1 Determinación del Objetivo. El propósito de esta etapa del proyecto fue diseñar un nuevo producto que permitiera aprovechar una materia prima existente generando así una alternativa para sustituir el maíz en la producción de adhesivos.

5.3.2 Formación del Equipo de QFD. El equipo QFD esta conformado por la directora científica del proyecto y las autoras.

5.3.3 Determinación del Consumidor. En este caso los consumidores son todos aquellos usuarios de adhesivos para pegado de cajas corrugadas y bolsas de papel y sacos multipliegos.

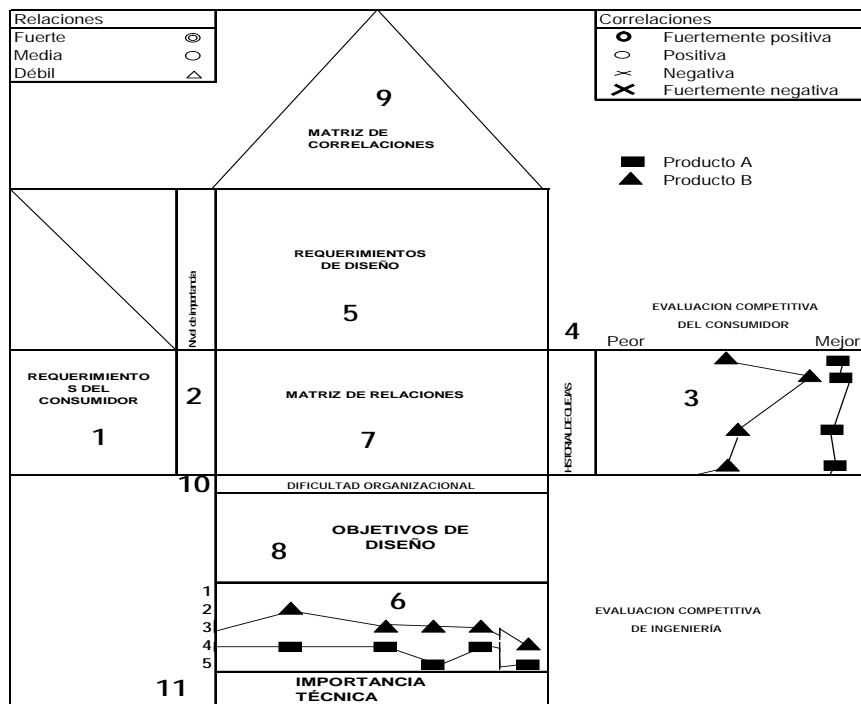
5.3.4 Determinación de la Competencia. De acuerdo con la revisión bibliográfica se consideraron tres principales competidores para los adhesivos a partir de pirodextrina de yuca estos son los adhesivos a partir de dextrina de maíz, PVA y Hot-Melts.

5.4 FASE I: PLANIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Consiste en traducir las necesidades de los usuarios en características medibles del producto, donde se identifican los QUE's o requerimientos del consumidor y se determinan los requerimientos de diseño para satisfacer estas necesidades.

La Figura 29 muestra la matriz de Planificación del Producto. La matriz correspondiente a esta fase se expone en el Anexo J.

Figura 28. Planificación del Producto



Fuente: Las Autoras

5.4.1 Determinación de los Requerimientos del Consumidor (QUE's). El objetivo de esta etapa es identificar las necesidades de los consumidores y definir las características de calidad básica de un adhesivo. Además, se obtienen los requerimientos que el consumidor considera debe tener un adhesivo. Con el fin de obtener la información requerida se diseñó una encuesta que se muestra en el Anexo K, la cual fue dirigida a los consumidores identificados en el numeral 5.3.3 vía telefónicamente y en ocasiones se utilizó la entrevista personal. Como el principal objetivo de la encuesta era identificar las necesidades, preferencias y demás información relativa al consumidor, se realizó un diseño muestral para garantizar la representatividad de la información recolectada.

- **Diseño Muestral.** En el diseño muestral la población hace referencia a la totalidad de instituciones que representarán los clientes meta del producto. Debido a que el adhesivo a diseñar en el presente capítulo va dirigido diferentes usuarios cuyas necesidades difieren entre sí, fue necesario considerar poblaciones diferentes conformadas por los distintos

usuarios para cada aplicación. En la siguiente figura se describen las poblaciones consideradas.

Figura 29. Poblaciones para el diseño muestral

Tipo de Producto	Población	
Adhesivo para cierre de cajas corrugadas	Población 1	Instituciones que empaican sus productos en cajas corrugadas
Adhesivo para la fabricación de bolsas de papel y sacos multipliegis	Población 2	Población 2a Instituciones que fabrican bolsas de papel
		Población 2b Instituciones que fabrican sacos multipliegis

Fuente: Las Autoras

✓ **Población 1:** totalidad de instituciones en Colombia que empaican sus productos en cajas corrugadas. Las instituciones que sellan con cintas autoadhesivas y grapas también constituyen la población para este producto.

Marco Muestral. Por tratarse de una población conformada por instituciones de todos los sectores productivos, se usó como marco muestral el directorio industrial²⁵ y para la selección de la muestra se procedió a hacer el sorteo a través de generación de números aleatorios.

Tipo de Muestreo. Por tratarse de una población muy grande es necesario un muestreo probabilístico aleatorio simple donde cada elemento de la población tiene la probabilidad de ser seleccionado.

Cálculo del Tamaño de Muestra. Se trabajó con máxima varianza: probabilidad de éxito, (p) = 50% y probabilidad de fracaso, (q) = 50%.

Confiabilidad = 90%, $Z_{\alpha/2} = 1.645$

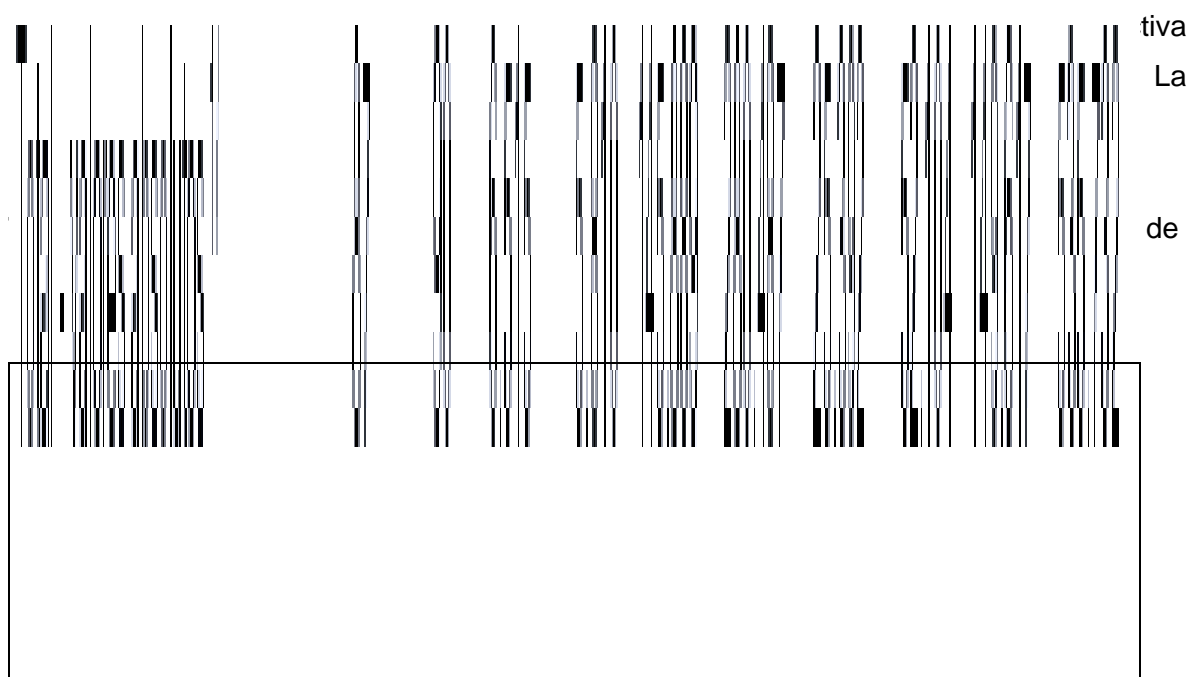
Error de muestreo= 10%

Formula de muestreo

$$n_0 = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 * (\sigma^2)}{e^2} = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 * p * q}{e^2}$$

Tamaño de Muestra = 68

²⁵ Directorio de Industria y Comercio. LEGIS, 2000.



Fuente: DANE, Encuesta Anual Manufacturera (1995, 2000)

Marco Muestral. El listado²⁶ total de empresas clasificadas bajo el código CIIU 3412 expedido por El Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, fue la base de muestreo para esta población. Para extraer la muestra del listado se procedió a hacer el sorteo con generación de números aleatorios.

Tipo de Muestreo: Para establecer el tipo de muestreo fue necesario dividir esta la población en dos grupos: la *Población 2a* conformada por aquellas que elaboran bolsas de papel y la *población 2b* constituida por los fabricantes de sacos multipliegos.

Para la *población 2a* que tiene un tamaño de población finito ($N = 99$), es necesario un muestreo probabilística aleatorio simple mientras que para la *población 2b* no fue necesario hacer muestreo pues a esta la conforman tan solo cuatro instituciones en todo el país, Colombates, Smurfit Cartón de Colombia, Ansa, y Odempa. Para ese caso se abarcó la totalidad mediante un censo poblacional

²⁶ Encuesta Nacional Manufacturera, Octubre de 2003.

Cálculo del Tamaño de Muestra: para el cálculo del tamaño de muestra de la *población* 2a, se trabajó con máxima varianza, donde la probabilidad de éxito (p) = 50% y probabilidad de fracaso (q) = 50%.

Margen de Confiabilidad = 90%, $Z_{\alpha/2} = 1.645$

Error de muestreo = 10%

Formula de muestreo:

$$n_0 = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 * (\sigma^2)}{e^2} = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 * p * q}{e^2}$$

Tamaño de muestra inicial, $n_0 = 68$

Debido a que el tamaño de la población total es de 99, se consideró Este tamaño de muestra muy grande, por lo cual se aplicó un factor de corrección.

Como $\frac{n}{N} \geq 5\%$, se calcula el nuevo tamaño de muestra:

$$n = \frac{n_0 * N}{N + n_0 - 1} = 41$$

Tamaño de muestra, $n = 41$

Finalmente se analizaron los datos recolectados en la encuesta y se identificaron las necesidades y expectativas del consumidor. El cuadro 11 muestra lista de los requerimientos.

Cuadro 11. “La Voz del Consumidor”. Datos típicos antes de procesar

Cate- goría	REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR	
Propiedades del Adhesivo	Que pegue adecuadamente	Que sea color kraft
	Mayor adhesividad	Que se torne transparente
	Mayor rapidez	Que el olor no sea fuerte
	Que le proceso de pegado ocurra mientras el arrume	Buena formación de películas
	Mayor resistencia del ensamble	Que no se reviente la película
	Que no humedezca la caja	Que no decolore el sustrato
	Que no se cristalice	Que no deforme el sustrato
	Que no se gelatinice	Que pegue sobre cartón parafinado
	Que forme grumos	Que pegue sobre cartón plastificado
	Que sea Crema	Viscosidad constante
	Que sea color Blanco	Que no se degrade
Operativos	Facilidad de aplicación	Que no deba aplicarse una presión extra para el pegue
	Fluido para la aplicación	Maquinabilidad
	Facilidad de eliminación	Que no se baje la viscosidad por agitación mecánica
	Que facilite la limpieza de tanques	Que no se pegue en las manos de los operarios
	Que facilite la limpieza de Brocha	Que sea más grueso para que no salpique
	Que facilite la limpieza de Rodillos	Que facilite la limpieza de Boquillas
Vida Útil	Que no cambie sus características en almacenamiento	Que no se apelmace
	Que no se degrade	
Económicos	Bajo costo	Altos rendimientos
	Que no se cobre el empaque	Que el empaque contenga doble bolsa de polipropileno
Presentación	Buena apariencia	Que venga con dosificador
	Presentación en tinajas plásticas	Presentación en tambores metálicos
Servicio	Asistencia técnica	Entregas oportunas
	Disponibilidad constante	Mejores condiciones de pago (crédito)
Sostenibilidad	Biodegradable	Que no requiera el uso de disolventes
	Que el empaque sea reutilizable	Que no sea tóxico

Fuente: Las autoras

5.4.2 Organización, Consolidación y Traducción de los Requerimientos del Consumidor. La primera herramienta usada en esta etapa fue el diagrama de afinidad, que se muestra en la Figura 30. Esta es una técnica que se recomienda para consolidación y organización de la información, ya que proporciona un estructura para

organizar los datos, permite al equipo llegar a un entendimiento común de las necesidades del consumidor y hace resaltar relaciones que podrían no ser aparentes. Este permitió eliminar algunas necesidades repetidas, aclarar problemas de terminología por parte del consumidor y además se agruparon otros requerimientos que tenían el mismo significado. Así por ejemplo, varios consumidores requieren adhesivos del color de producto final, el cual genera requerimientos brutos similares; en el diagrama de afinidad estos se agruparon en uno solo llamado “color adecuado”. Una vez organizadas las necesidades, se seleccionaron los QUE’s. La lista final de Qué’s se presenta en la tabla 8.

Tabla 7. Lista final de requerimientos del consumidor

▪ Que pegue adecuadamente	▪ Que no se pegue en las manos de los operarios
▪ Mayor resistencia de la unión	▪ Cumplimiento
▪ Que no forme grumos	▪ Orientación para su uso
▪ Facilidad de aplicación	▪ Durabilidad
▪ Que no deba aplicarse una presión extra para el pegue	▪ Buena apariencia
▪ Pegue distintos sustratos	▪ Empaque adecuado
▪ Que no decolore el sustrato	▪ Bajo Costo
▪ Que no deforme el sustrato	▪ Alto rendimiento
▪ Que no se reviente la película	▪ Biodegradable
▪ Olor agradable	▪ Facilite el reciclaje del producto final
▪ Que no influya en estética del producto final	▪ Que no sea tóxico
▪ Que sea mas grueso para que no salpique	

Fuente: Las Autoras

5.4.3 Determinación del Grado de Importancia. Con el fin de asignar los valores que determinan el grado de importancia para cada requerimiento en el desarrollo del producto se usó una escala de 1 a 5, siendo 1 poco importante y 5 muy importante. Para este paso el equipo QFD realizó grupo focal²⁷ convocando personas de amplia experiencia y

²⁷ El grupo Focal se realizó con el Gerente de Ventas, Jefe de Producción y laboratorio y el encargado de la producción del área de pegantes , La directora Científica del proyecto y las autoras.

conocimiento en el campo de los adhesivos. A través de este grupo se logró traducir los requerimientos del consumidor en requerimientos de diseño. Además se determinó de importancia final, promediando de los valores dados por cada uno de los integrantes del equipo.

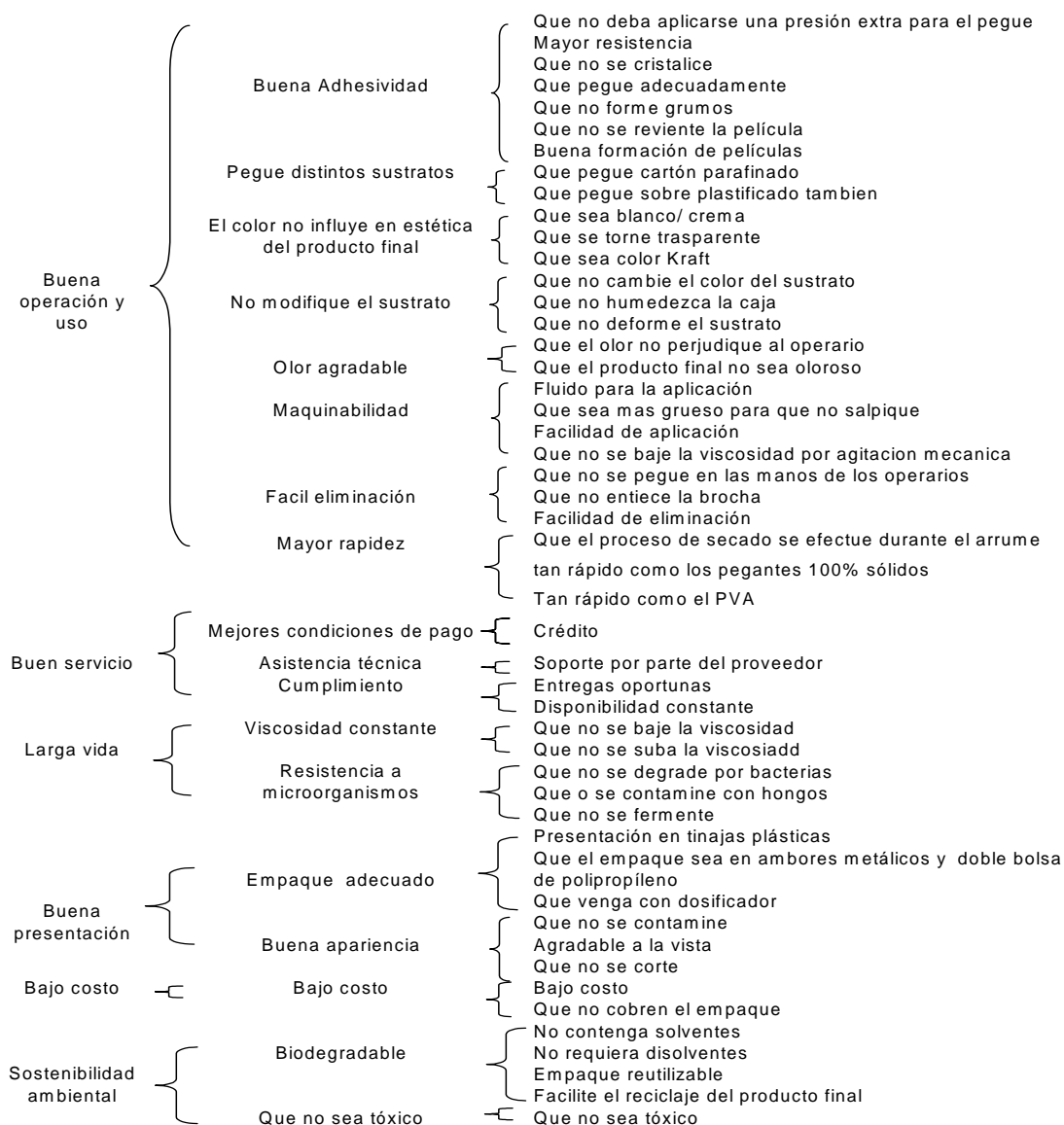
5.4.4 Evaluación Técnica Competitiva del Consumidor. La información necesaria para establecer la referenciación competitiva se obtuvo a través de la encuesta aplicada por el equipo QFD. En esta etapa se evaluaron los productos competidores respecto a cada uno de los QUE's. Fue posible incluir los adhesivos de yuca en la evaluación debido a que algunos consumidores han usado adhesivos de yuca. Una vez se completó la evaluación competitiva se trazó el perfil del producto a diseñar uniendo las calificaciones obtenidas por el adhesivo de yuca en todos los aspectos evaluados. Este perfil se representa con una línea roja. (Véase matriz Fase I. Anexo J) La simbología usada se presenta en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Simbología para la evaluación técnica competitiva

Producto	Símbolo
Adhesivo base dextrina de yuca	X
Adhesivo base dextrina de maíz	#
Adhesivo tipo PVA	↵
Adhesivo tipo Hot-melt	/

Fuente: Las autoras

Figura 30. Diagrama de afinidad



Fuente: Las Autoras

5.4.5 Desarrollo del Historial de Quejas. Para obtener el historial de quejas se recurrió a la información obtenida a través de la encuesta, la cual pretendía que la persona contactada asignara una escala a las no conformidades de acuerdo a la *frecuencia* y *severidad* para determinar el grado de importancia del problema de calidad. Para el desarrollo del historial fue necesario complementar la información con documentos

suministrados por productores de adhesivos, como registros de no conformidades, historial de llamadas por queja, sugerencias por parte de los clientes entre otros.

Finalmente con esta información se asignaron valores ponderativos de 1 a 5 permitiendo llenar el historial de quejas e identificar los requerimientos más importantes y aquellos en los cuales es pertinente enfocar los esfuerzos para obtener un adhesivo de óptima calidad.

5.4.6 Establecimiento de los Requerimientos de Diseño (CÓMO's). Para el desarrollo de este paso se utilizaron dos herramientas diferentes, una matriz relacional Causa - Efecto y el procesamiento de la información obtenida en el grupo focal.

- **Vía Matriz Relacional Causa – Efecto.** Con el fin de determinar los requerimientos de diseño, se utilizó una la matriz relacional, donde se ubicaron de forma vertical y horizontal las necesidades del consumidor. Cada columna se comparó con cada fila y se determinó la relación entre las dos. Si existe relación de causa o efecto se ubica una flecha que apunte hacia el requerimiento causado. De esta manera se pueden obtener flechas tanto horizontales como verticales de acuerdo al relación que se establezca. Para los casos en los que no hay relación alguna entre los aspectos comparados se dejó la casilla en blanco. Al final se realizó una sumatoria, registrando el número total de flechas resultantes por cada aspecto. Las flechas verticales indican los requerimientos de diseño (CÓMO's) y las horizontales los requerimientos del consumidor (QUÉ's). En este sentido si una fila tiene mayor cantidad de flechas horizontales, se considera que es que un QUÉ o requerimiento del consumidor, y si en el caso contrario tiene mayor número de flechas verticales pasa a ser un requerimiento de diseño. Finalmente a partir de esta sumatoria se identifica si el aspecto constituye una causa o un efecto. Esta matriz se presenta en el Anexo L

- **Vía Grupo Focal.** Adicionalmente, para establecer los CÓMO's se reunió al grupo focal, (véase Anexo M, actividades del Grupo Focal). El equipo de QFD realizó inicialmente una presentación de la herramienta y luego se distribuyó a los participantes un paquete con cada de las actividades que se llevaron a cabo con el fin de obtener los requerimientos de diseño. En primer lugar, se les pidió a los asistentes que definieran el adhesivo ideal. Luego, se les suministró una hoja con los requerimientos del consumidor obtenidos a

través de las encuestas y los definidos por ellos, para que los calificaran de 1 a 5 determinando así el grado de importancia. La tercera actividad consistió en calificar de 1 a 5 los productos competidores de la dextrina de yuca según cada requerimiento del consumidor. En la siguiente actividad, se suministró una tabla con todos los QUÉ's en la cual los integrantes debían registrar los requerimientos de diseño para cumplir con el requerimiento del consumidor, teniendo en cuenta que cada CÓMO debe ser cuantificable. Finalmente, se solicitó a los integrantes del grupo focal que escribieran el Valor Objetivo (CUÁNTO) para cada requerimiento de diseño.

Una vez determinados los QUÉ's finales se registraron en la matriz de planificación del producto

5.4.7 Organización de los Requerimientos de Diseño. Dado los requerimientos de diseño COMO'S, se obtuvieron de dos maneras (vía Matriz Causa – Efecto y grupo focal), en este paso se procedió a consolidar y analizar los resultados obtenidos. Una vez identificados todos los requerimientos se generó la lista final de las características de diseño y sus respectivos valores objetivo. La lista final de requerimientos de diseño se presenta en la Tabla 9. Igualmente, en esta etapa se definieron los valores de orientación de cada CÓMO. Lo anterior implica determinar si el requerimiento de diseño debe ser maximizado, minimizado o si lo que sí por el contrario se busca es un valor. Esta orientación permite comprender mejor los CÓMO's y resulta muy útil para establecer los valores objetivo.

Tabla 8. Lista final de requerimientos de diseño

▪ Buena adhesividad	▪ Buena formación de películas
▪ Tiempo abierto corto	▪ Penetración en el sustrato
▪ Mayor Viscosidad	▪ No humedezca el sustrato
▪ Menor Viscosidad	▪ Facilidad de eliminación
▪ Que no se baje la viscosidad por agitación mecánica	▪ Que no haya formación de espuma
▪ Que no se vuelva rígido debido al reposo	▪ Resistencia a microorganismos
▪ Buena maquinabilidad	▪ Viscosidad constante
▪ Que no se cristalice	▪ Materia prima fuente vegetal
▪ Color Adecuado	▪ Materia prima para envase
▪ Olor agradable	▪ Empaque adecuado

Fuente: Las Autoras

5.4.8 Realización de la Evaluación Técnica Competitiva. En este paso se llevó a cabo una reunión del equipo QFD y se usaron los mismos símbolos que en la evaluación competitiva técnica del consumidor. Dado que en el mercado no existen adhesivos base dextrina de yuca, se recurrió para la evaluación competitiva técnica de ingeniería al estudio previo base de este proyecto (7). Al igual que en la referenciación según el consumidor se trazó el perfil asociado a la dextrina de yuca. Este se representa también con una línea roja.

5.4.9 Realización de la Matriz de Relaciones entre Requerimientos del Consumidor y los Requerimientos de Diseño. En este paso se establece el grado de relación directa existente entre los requerimientos de diseño y los requerimientos del consumidor. El requerimiento del consumidor puede satisfacerse de manera fuerte, moderada o débil. El Cuadro 13 resume la simbología usada en esta etapa.

Cuadro 13. Simbología y escala de valores para determinar las relaciones entre los QUÉ's y los CÓMO's

Símbolo	Valor	Tipo de relación
⊙	9	Relación fuerte
○	3	Relación mediana
△	1	Relación débil
	0	No existe relación

Fuente: Las Autoras

5.4.10 Establecimiento de los Objetivos para los Requerimientos de Diseño (CUÁNTO's). El establecimiento de estos objetivos se llevó a cabo estudiando los valores descritos en la literatura. Estos se ubican en la parte inferior de la matriz.

5.4.11 Realización de la Matriz de Correlación. Las relaciones entre los requerimientos de diseño se definieron de la siguiente forma: Una relación fuertemente positiva indica que su implementación colabora significativamente en la implementación de otro; una relación positiva significa que se apoyan el uno al otro y son importantes para incrementar algunas eficiencias de recursos al no necesitarse esfuerzos adicionales para obtener el mismo resultado. Por otro lado, una relación negativa es aquella donde un requerimiento de diseño está en detrimento de otro, es decir incide de manera adversa con respecto a su ejecución, indicando condiciones en donde el diseño y la física entran en conflicto. Cuando esto ocurre, deben resolverse los conflictos, pues de lo contrario se llega a requerimientos no cumplidos. Por último, una relación fuertemente negativa demuestra que la implementación de uno de ellos ocasiona el incumplimiento total del otro. La matriz de correlaciones corresponde al techo de la casa (véase Fase I Anexo J) y va ubicada en el techo de la Matriz de Planificación del Producto. El Cuadro 14 resume la simbología usada para determinar la correlación.

Cuadro 14. Simbología por tipo de relación para las correlaciones

Símbolo	Tipo de Relación
⦿	Fuertemente positiva
○	Positiva
×	Negativa
✕	Fuertemente negativa

Fuente: Las Autoras

Adicionalmente, se realizó la matriz de correlaciones entre los requerimientos del consumidor, (QUE's). Esta se presenta en el Anexo N.

5.4.12 Determinación del Grado de Dificultad Organizacional. Para evaluar la factibilidad de los requerimientos de diseño, se deben evaluar variables como: inversión en tiempo, dinero, recurso humano, maquinaria y equipo, cambios en las políticas, etc. Debido a que este proyecto no se lleva a cabo en una organización este paso se realizó haciendo la suposición de que el proyecto se va a llevar a cabo. La valoración se hizo usando una escala de 1 a 5, siendo 1 la calificación asignada a los requerimientos más fáciles de implementar y 5 a los de mayor complejidad o imposibles de implementar. En este caso, todas las características de diseño fueron viables.

5.4.13 Clasificación por Importancia Técnica de los Requerimientos de Diseño. Este paso, se efectuó multiplicando el factor de importancia para el consumidor por un valor signado según la relación definida en el cuadro 11. Así, se obtuvo el valor jerárquico de la importancia técnica de cada característica de diseño con su respectiva importancia absoluta, importancia relativa y sumatoria, como se aprecia en el cuadro 15.

Cuadro 15. Importancia relativa de los requerimientos de diseño y su importancia relativa

REQUERIMIENTO	IMPORTANCIA
Buena adhesividad	9,19
Tiempo abierto corto	7,08
Mayor viscosidad	3,78
Menor viscosidad	3,90
Que no se baje la viscosidad por agitación mecánica	2,16
Que no se vuelva rígido debido al reposo	4,39
Buena maquinabilidad	6,81
Que no se cristalice	5,90
Color adecuado	2,61
Buena formación de películas	9,57
Penetración en el sustrato	13,24
No humedezca el sustrato	5,68
Facilidad de eliminación	3,41
Asistencia técnica	2,27
Resistencia a microorganismos	3,14
Viscosidad constante	5,30
Empaque adecuado	1,82
Costo de producción	1,70
Materia prima fuente vegetal	7,15
Olor Agradable	0,91
Total	100,00

Fuente: Las Autoras

5.4.14 Análisis y Diagnóstico de la Matriz de Planificación del Producto. Finalmente, se analizó la fase I y se realizó un diagnóstico que se describe a continuación.

- **Renglones y Columnas en Blanco.** Para cada necesidad del consumidor existe al menos un requerimiento de diseño que la satisface y de igual forma, cada requerimiento de diseño se relaciona al menos con una necesidad del consumidor.
- **Relaciones Fuertes.** En la matriz se observan filas con varias relaciones fuertes, lo cual demuestra que esa necesidad se satisface con varios de los requerimientos de diseño y que es de vital importancia para el diseño del producto. Los requerimientos del consumidor que aparecen en el Cuadro 16 son aspectos que se pueden satisfacer de

manera directa con varios requerimientos de diseño. Igualmente, existen columnas con un número significativo de relaciones fuertes, demostrando que ese requerimiento es de vital importancia para el diseño ya que satisface de manera fuerte más de una necesidad del consumidor. El Cuadro 16 muestra la afinidad fuerte entre requerimientos de consumidor y requerimientos de diseño.

Cuadro 16. Afinidad fuerte entre requerimientos del consumidor y requerimientos de diseño

Requerimientos del consumidor	Requerimientos de diseño
Que pegue adecuadamente	Buena adhesividad
	Tiempo abierto corto
	Que no se cristalice
	Buena formación de película
	Penetración en el sustrato
	No humedezca el sustrato
Mayor resistencia de la unión	Buena adhesividad
	Que no se cristalice
	Buena formación de película
	Penetración en el sustrato
	No humedezca el sustrato
Que no deba aplicarse una presión extra para el pegue	Buena adhesividad
	Tiempo abierto corto
	Buena formación de película
	Penetración en el sustrato

Fuente: Las Autoras

▪ **Puntos Críticos.** Los puntos críticos se manifiestan cuando existiendo una afinidad fuerte entre un requerimiento del consumidor y un requerimiento de diseño y además han obtenido puntajes bajos en las evaluaciones técnicas competitivas (tanto del consumidor como de ingeniería). El requerimiento del consumidor *que no deforme el sustrato* (RC^{28} 8) posee fuerte afinidad con el requerimiento de diseño *que no humedezca del sustrato* (RD^{29} 13). Ambos obtuvieron puntajes regulares en la evaluación por lo que se considera esta intersección como punto crítico. Indiscutiblemente este constituye una gran

²⁸ Requerimiento del consumidor número 8

²⁹ Requerimiento de diseño número 13

desventaja en los adhesivos de dextrina ya que el alto contenido de humedad hace que la fibra de la superficie a pegar pierda resistencia

Tabla 8. Requerimientos de diseño que satisfacen diversos requerimientos del consumidor

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR
Buena adhesividad	Que pegue adecuadamente
	Mayor resistencia de la unión
	Que no deba aplicarse una presión extra para que pegue
	Que pegue distintos sustratos
	Alto Rendimiento
Buena formación de película	Que pegue adecuadamente
	Que no forme grumos
	Mayor resistencia de la unión
	Que no deba aplicarse una presión extra para que pegue
	Que no deforme el sustrato
Penetración en el sustrato	Que no reviente la película
	Que pegue adecuadamente
	Que no forme grumos
	Mayor resistencia de la unión
	Que no deba aplicarse una presión extra para que pegue
	Que pegue distintos sustratos
	Que no deforme el sustrato
	Que no reviente la película
	Que no influya en la estética del producto final

Fuente: Las Autoras

▪ **Puntos de Conflicto.** Existen puntos de conflicto cuando entre los resultados que tienen relaciones fuertes de la evaluación del consumidor y la evaluación de ingeniería existen no conformidades y quejas. Los puntos de conflicto que se encontraron en el estudio con estas características fueron *no-formación de grumos*, con *buena formación de película*, y que *no deforme el sustrato* (RC 8) con *penetración en el sustrato* (RD 12), *buena apariencia* (RC 17) con *color* (RD 10). La discrepancia entre la opinión del cliente y la percepción del equipo técnico frente al producto orienta al diseñador realzando los aspectos de gran pertinencia para el diseño del adhesivo.

Aunque los puntos de conflicto son importantes cabe aclarar que algunos de ellos se originan debido al desconocimiento que los consumidores tienen de los adhesivos de yuca y sus propiedades.

- **Importancia Técnica.** Una vez ordenados los requerimientos de diseño se seleccionan aquellos que obtuvieron la mayor ponderación numérica. Este resultado ayuda a comparar la importancia de cada requerimiento de diseño frente a los demás, mostrando que *penetración al sustrato* (RD 12), seguido de *buena formación de película* (RD 11), y *buena adhesividad* (RD 1), son los requerimientos de diseño que más contribuyen a satisfacer las necesidades de los consumidores.

- **Áreas de Oportunidad.** Esta parte del diagnóstico se realiza a partir de la evaluación competitiva del consumidor. Cuando el producto a diseñar y los productos de la competencia evaluados tienen una baja calificación se identifica un área de oportunidad para mejorar. Las áreas de oportunidad en las cuales el adhesivo a base de dextrina de yuca podría sobresalir son las siguientes: evitar la *formación de grumos* (RC 3) y evitar que el adhesivo *se pegue en las manos de los operarios* (RC 13). Destinar esfuerzos para mejorar los anteriores aspectos contribuiría a diferenciar los adhesivos de dextrina de yuca frente a sus sustitutos excluyendo los adhesivos tipo hot-melt que por su naturaleza no forman grumos.

- **Áreas Indispensables para Mejorar.** Las áreas a mejorar se manifiestan cuando el adhesivo de dextrina de yuca ha obtenido una baja calificación en aspectos de alta importancia con respecto a los productos competidores. En este caso es indispensable mejorar. En términos generales el adhesivo de dextrina de yuca no obtuvo calificaciones considerablemente bajas (el mínimo valor obtenido fue 3). Por lo tanto, se pudo concluir que frente al consumidor, el producto no se encuentra en gran desventaja competitiva frente a los demás adhesivos. Los aspectos encontrados que constituyen debilidades fueron *durabilidad y buena apariencia* (RC 16 y 17 respectivamente) y *deformación del sustrato* (RC 8). En la evaluación técnica de ingeniería el adhesivo de dextrina de yuca mostró un mejor desempeño que el de dextrina de maíz, lo que comprueba que efectivamente si existen diferencias significativas entre las fuentes mencionadas, aunque estas no sean percibidas por el cliente. Resulta estratégico resaltar aquellos aspectos en los que la yuca resulta superior al maíz con el objetivo de posicionar en la mente del consumidor cada una de dichas características como únicas del producto y no de la competencia. Los adhesivos de dextrina de yuca no se cristalizan, forman mejores

películas y son menos vulnerables a cambios de viscosidad debido al reposo o la agitación.

- **Ventajas Competitivas.** Las ventajas competitivas en los adhesivos de dextrina de yuca fueron *bajo costo* y *sostenibilidad ambiental* ya que obtuvieron excelente calificación. Estos aspectos se deben mantener y resaltados en el momento de promocionar el producto.
- **Islas de Información.** Una zona donde se presentaron calificaciones bajas del consumidor y de ingeniería fueron *durabilidad* y *buena apariencia* que adicionalmente son requerimientos de gran importancia para el consumidor. Por esta razón se deben destinar esfuerzos a los requerimientos de diseño asociados a estas necesidades.
- **Matriz de Correlaciones.** Se presentaron correlaciones fuertemente negativas en los requerimientos *menor viscosidad* y *mayor viscosidad*. Dado que estas características de diseño corresponden a necesidades diferentes no es posible eliminar alguna de ellas. Se debe lograr un balance y elegir la formulación mas adecuada de acuerdo a la experimentación. Otra correlación negativa se presentó para el caso de *buena adhesividad* con el requerimiento asociado a la *facilidad de eliminación*. Ninguno de estos requerimientos puede eliminarse ya que por un lado *buena adhesividad* obtuvo una las calificaciones más altas, y que no se pegue en las manos se detectó como un área de oportunidad. Lo anterior implica que debe prepararse un adhesivo que sin tener menor adhesividad, tenga un aditivo que le permita eliminarse fácilmente.
- **Selección.** El análisis anterior permitió excluir el requerimiento de diseño *Asistencia técnica* debido a que un requerimiento que sólo se puede cumplir en el marco de una organización. El objetivo es presentar una propuesta de diseño, por lo cual no se incluyen las características que sólo se pueden llevar a cabo dentro de una organización. Aunque es importante tener presente este requerimiento al momento de llevar cabo un proyecto de fabricación de adhesivos. Los requerimientos de diseño seleccionados para la siguiente fase se exponen en la Tabla 11.

Tabla 10. Requerimientos de Diseño seleccionados

Buena adhesividad	Buena formación de películas
Tiempo abierto corto	Penetración en el sustrato
Mayor Viscosidad	No humedezca el sustrato
Menor Viscosidad	Facilidad de eliminación
Que no se baje la viscosidad por agitación mecánica	Que no haya formación de espuma
Que no se vuelva rígido debido al reposo	Resistencia a microorganismos
Buena maquinabilidad	Viscosidad constante
Que no se cristalice	Costo de producción
Color adecuado	Materia prima fuente vegetal
Olor agradable	Empaque adecuado

Fuente: Las Autoras

5.5 FASE II: DESPLIEGUE DE LOS COMPONENTES

El objetivo de esta fase es definir el mejor diseño, determinando los componentes críticos del producto, sus características y valores objetivo. En este caso se seleccionarán los componentes más adecuados para la formulación de un adhesivo que permitan mejorar sus debilidades y realzar sus fortalezas. La matriz correspondiente a esta Fase se expone en el Anexo O

5.5.1 Transferencia de los Requerimientos de Diseño (QUÉ's). Una vez seleccionados los requerimientos de diseño, estos se transfieren posteriormente a la matriz de despliegue de los componentes (véase matriz Fase II, Anexo O). Para facilitar el manejo de datos de la importancia relativa que se describe en la anterior matriz, este valor fue dividido en dos y redondeado al entero más cercano.

5.5.2 Requerimientos de Diseño Funcionales. La revisión de la lista de los QUÉ's permitió determinar las siguientes necesidades que no fueron enunciadas por los consumidores. Esta revisión se realizó con apoyo del grupo focal y usando el historial de quejas desarrollado en la anterior fase. Asociados con el producto, se determinó como requerimiento faltante: *“que no haya formación de espuma”*. Este efecto se manifiesta por

la formación de espuma en los rodillos de aplicación impidiendo que la película sea uniforme. Adicionalmente, asociados al empaque se encontraron requerimientos relacionados con la materia prima del empaque, tamaño, forma y diseño de la etiqueta.

5.5.3 Desarrollo de la Lista de Materiales (CÓMO's). La revisión bibliográfica permitió identificar los componentes más usuales de los adhesivos a partir de dextrina. En el Anexo P se presentan los aditivos más utilizados con su respectiva función. Como lo muestra el anexo, existen diferentes opciones para cada categoría de componente, además un componente puede cumplir varias funciones a la vez. La principal labor de esta fase consistió en seleccionar los componentes más adecuados. Para realizar esta selección, el equipo QFD, se basó fundamentalmente en dos criterios que se describen a continuación.

- ***Selección de Aditivos más Usuales.*** Se incluyeron aquellos componentes más recurrentes o de uso más frecuente en las formulaciones. En consecuencia, basados en este criterio se seleccionaron aquellos aditivos más comunes, presentes en la formulaciones típicas y que son indispensables en la preparación de un adhesivo de este tipo. Esta lista se determinó con la asesoría de personas con experiencia en formulaciones de adhesivos industriales. No obstante, debido a que la formulación de un adhesivo sólo puede ser validada evaluando diferentes niveles de componentes, en esta etapa sólo se definió la típica formulación de un adhesivo de esta clase. La identificación de la formulación más adecuada requiere un alto contenido experimental y está fuera de los objetivos del proyecto. Por esta razón el principal aporte de esta etapa radica en contribuir desde aspectos relativos al diseño a un eventual proyecto que así lo requiera.

- ***Selección de Aditivos con Múltiples Funciones.*** Se escogieron aquellos aditivos que cumplieran varias funcionalidades. Para realizar esta etapa se organizaron los diferentes componentes de acuerdo a sus funciones. De la misma forma debido a que la dextrina por ende tiene bajas viscosidades, no se incluyó ningún componente reductor de viscosidad.

Cuadro 17. Lista de los componentes seleccionados

Función	Componente	Porcentaje usual %
Materia prima principal	Dextrina de yuca	18-35
Solvente	Agua	60-87
Tackificante	NaOH	1-2
Mejorador de pH		
Modificadores de viscosidad (aumentar)	Bórax	2-10
Preservativo	Formaldehído o comercial	1-1,5
Antiespumantes	Aceite de ricino	0,3 - 2
Plastificante		
Lubricante		
Impermeabilizantes	Urea	5-10
Aromatizante	Comercial	0,5-1

Fuente: Las Autoras

5.5.4 Determinación de las Características Críticas de los Componentes. Las características críticas de la preparación de un adhesivo recaen en la formulación. En este sentido, se debe usar el porcentaje adecuado de cada aditivo en la mezcla total. Las características críticas se convierten en los CÓMO's de la matriz de esta fase. Los resultados se presentan en la matriz de despliegue de los componentes (véase Matriz Fase II, Anexo O).

5.5.5 Realización de la Matriz de Relaciones entre los Requerimientos de Diseño y los Componentes. Este paso se llevó a cabo de la misma forma que en la Fase I, las relaciones resultantes se presentan en la matriz (véase Matriz Fase II, Anexo O)

5.5.6 Análisis y Diagnostico de la Matriz. En esta fase se seleccionan los componentes que mejor cumplan con las necesidades del consumidor. A continuación se exponen los puntos del diagnóstico que permitieron analizar la matriz de despliegue de componentes.

Para cada requerimiento de diseño existe al menos un componente que los satisface. De igual forma, cada componente está destinado a satisfacer al menos un requerimiento de diseño.. En la matriz existen columnas con un número significativo de relaciones fuertes,

demostrando que ese componente es de vital importancia para el diseño ya que satisface de manera fuerte más de un requerimiento de diseño e indirectamente más de una necesidad del consumidor. En la matriz de despliegue se muestran los componentes en orden de importancia relativa. Según los resultados mostrados la dextrina de yuca es el principal componente, ya que es esta quien proporciona la mayor cantidad de propiedades y la que por su naturaleza da el carácter adhesivo. Se destaca el papel del aceite de ricino, quien esta en la tercera posición, debido a sus múltiples funciones, antiespumante, plastificante y lubricante. También se destaca que el bórax es de suma importancia, esto se debe a que por sus propiedades es un mejorador de viscosidad y de tack, da un color adecuado y mejora la resistencia a los microorganismos. En el caso del particular del agua, cabe aclarar que su puntaje es bajo debido a que sus funciones no se relacionan con los requerimientos de diseño, pero debido a la naturaleza de un adhesivo su presencia es indispensable.

La selección final de los componentes se llevó a cabo teniendo en cuenta los puntajes obtenidos y las funciones que desempeña cada componente. Los aromatizantes a pesar de su bajo valor, se tuvieron en cuenta ya que los consumidores manifestaron en repetidas ocasiones quejas relacionadas al olor del adhesivo.

La definición de las cantidades que debe tener cada componente se presentan en la matriz de despliegue de componentes sin embargo, para poder determinar con exactitud el porcentaje de la mezcla y evaluar adecuadamente el desempeño de cada componente es necesario realizar pruebas de laboratorio, por lo tanto estas se expresan en rangos.

El diseño del producto identificó que los dos tipos de adhesivos elegidos, se diferencian entre si en dos características en la viscosidad y en el contenido de sólidos. Para las cajas corrugadas varía entre 1.000-3.000 CP y para la formación de los sacos multipliegos entre 2000-5000 cP y el contenido de sólidos para los primeros es de 18% y para los segundos en el caso del pegado de los fondos es de 30% y para la costura lateral es de 22%. Dado que la formulación de los adhesivos es similar la herramienta se desarrolló simultáneamente para los dos tipos de adhesivos ya que los demás aditivos son agregados en pequeñas proporciones.

Para la validación de la selección de los componentes del adhesivo se realizó una prueba a nivel experimental, en el marco del desarrollo del proyecto que apoya a este estudio y se obtuvieron los siguientes resultados:

- El adhesivo de dextrina de yuca presenta alta pegajosidad inicial.
- Presenta baja tendencia a cambiar de viscosidad en almacenamiento. La prueba de estabilidad a las 24 horas es bastante aceptable.
- La película del adhesivo es brillante y transparente.
- No presentó olor desagradable comparado con un adhesivo de dextrina de maíz.

El adhesivo presentó buena fuerza adhesiva y rompió el sustrato en menos de un minuto de ser aplicado sobre la base de papel kraft.³⁰

5.6 FASE III: PLANIFICACIÓN DE PROCESOS

La tercera fase tiene como propósito diseñar el mejor proceso para producir aquellos componentes determinados como críticos en la fase II. Debido a que el proceso de producción de un adhesivo es sencillo, y no se compone de una gran cantidad de etapas, sino que consiste en una mezcla y agitación de los aditivos controlando variables tiempo de agitación y temperatura, no hay características de los componentes definidas como críticas, a pesar de que la dextrina es el componente esencial, el resto son también importantes.

Lo anterior implica que el desarrollo a profundidad de las dos fases posteriores de QFD estarían fuera del alcance de los objetivos, debido a que no hay lugar a una selección de combinación de procesos ni una determinación de parámetros críticos de manufactura. La esencia de la fabricación de un adhesivo radica en obtener una mezcla adecuada de componentes, por lo que es necesario llevar a cabo un diseño de experimentos para validar los porcentajes en la mezcla. Sin embargo, se desarrollaron ciertas etapas de las fases que se detallan a continuación.

³⁰ Prueba de Primer Agarre, prueba que se aplica con frecuencia para evaluar el nivel de adhesividad de un pegante.

5.6.1 Transferencia de las Características Críticas de las Partes. Al realizar el análisis de la matriz 2, o de despliegue de partes se seleccionaron aquellas características de las partes que se consideraron críticas. Esta selección se llevo a cabo teniendo en cuenta la importancia absoluta y relativa, los objetivos de diseño considerados importantes en la fase I. En este caso se seleccionaron todos los componentes ya que son esenciales en la fabricación del adhesivo.

5.6.2 Determinación de Restricciones del Proceso. Las restricciones que pueden presentarse en la elaboración del adhesivo, están asociadas a la capacidad de producción, más adelante se presentan los equipos con sus características. Para el posterior análisis de factibilidad se supuso que se trabajaría un turno (8 horas).

5.6.3 Determinación del Proceso. El proceso de producción de adhesivos se definió con ayuda de la directora científica del proyecto y del Gerente Comercial de Raisio Chemicals. Este es un proceso sencillo cuyas variaciones residen en la cantidad de aditivos agregados. Este es particularmente el caso de la dextrina, que define en gran medida el porcentaje solidos del adhesivo.

Antes de iniciar el proceso de producción del adhesivo, se debe definir la formulación especificando los componentes, condiciones y proporciones requeridas en la mezcla. Una vez definidas las materias primas se procede a pesar las cantidades, utilizando las balanzas adecuadas para obtener exactitud en las medidas. Se inicia con la adición del mayor componente del adhesivo, que es al agua, una vez el tanque alcance la temperatura deseada (85°C), se vierte la dextrina y se agita a una velocidad aproximada de 120 rpm. Luego se adicionan el antiespumante y el bórax por una tubería y alimentados al reactor por medio de una bomba dosificadora, que los bombea al tanque auxiliar y los descarga al tanque reactor. Debido a las propiedades del bórax, se realiza un control de viscosidad y se adiciona el NaOH, controlando el pH. Una vez la mezcla obtenga la viscosidad deseada, se agregan el biocida, los lubricantes y demás componentes definidos para la preparación del adhesivo. Obtenido el adhesivo, se enfriar el reactor hasta una temperatura de 37°C. Finalmente, se mezcla el aromatizante y se empaca en bolsas de polietileno y tambores de 200 Kg.

Además de realizar control continuo por parte del operario durante todas las etapas del proceso, también se realiza control de calidad al producto, se recolectan muestras que son llevadas al laboratorio de calidad quien las analiza y expide una ficha técnica de las características del producto final. Los tambores son colocados en estivas de madera y almacenados en bodega de producto terminado para su posterior distribución.

Las variables críticas que deben ser evaluadas durante el proceso son la temperatura y la viscosidad. Es importante tener en cuenta que el bórax debe agregarse primero que el NaOH, y que la temperatura debe ser controlada, ya que los componentes se mezclan adecuadamente si la temperatura es elevada.

Además, se definieron los equipos accesorios y elementos auxiliares para la producción industrial de un adhesivo. Estos se describen a continuación:

- **Tanque Reactor.** Recipiente de acero inoxidable 316, con capacidad de 1 tonelada, donde se llevan a cabo los procesos de calentamiento, mezcla y enfriamiento del producto. Está provisto de una chaqueta de calentamiento de serpentín interno, que permite las operaciones de calentamiento y enfriamiento, y de una tubería en la parte inferior para descarga del producto.

- **Motor reductor.**

Motor de 12 a 25 HP (caballos de fuerza). Se usa para el accionamiento del agitador.

- **Agitador.**

Consta de un eje provisto de paletas, el cual se utiliza para el mezclado de los aditivos. Este debe manejar rangos de velocidad entre 80 – 120 rpm (revoluciones por minuto).

- **Caldera.**

Es usada para el suministro de vapor, para el calentamiento del tanque reactor. Posee una potencia inferior a 25 HP (caballos de fuerza). Se usa como combustible ACPM, que es un combustible más barato que el carbón y fue sugerida por los fabricantes de este tipo de equipos.

- **Serpentín.**

Tubería en espiral para suministro de vapor indirecto alrededor de la chaqueta del reactor, con diámetro de 1".

- **Bomba dosificadora para el suministro de aditivos.**

Usada para bombear el aditivo desde el tambor que lo contiene hasta el tanque auxiliar. Esta bomba requiere una potencia aproximada de 1,5 HP ya que maneja aditivos de baja viscosidad.

- **Tanque Auxiliar.**

Tanque de acero inoxidable con capacidad de 200 litros para el suministro de aditivos con mirilla transparente para el control de niveles.

- **Bomba para el envasado.** Se requiere una bomba para descargar el adhesivo y bombearlo a los tambores. Esta debe estar en la capacidad para manejar fluidos de alta viscosidad hasta de 25.000 cP y la potencia debe ser de 12 HP.

- **Tubería para suministro de agua.**

Tubería de acero inoxidable de 1" de diámetro.

- **Tubería para suministro de vapor.**

Tubería de acero inoxidable con un diámetro de 1" pulgada., la cual se conecta al serpentín que enchaqueta el tanque reactor.

- **Tubería para línea de envase de adhesivo.**

Tubería de acero inoxidable de 3" de diámetro. Esta sale del tanque reactor hacia el envase, y además posee un tramo para la recirculación del adhesivo hacia el tanque reactor.

5.6.4. Construcción del Diagrama de Flujo Maestro. En esta etapa se describe el proceso de obtención de un adhesivo. El Anexo Q presenta un esquema ilustrativo del proceso productivo. Además los Anexos R y S ilustran el flujo del proceso de obtención del adhesivo.

5.6.5 Determinación de los Parámetros Críticos del Proceso. Los parámetros críticos aseguran que la operación se esta realizando correctamente, es decir que se lleva a cabo de acuerdo con las especificaciones de los clientes dadas en la fase I. En la fabricación de un adhesivo los parámetros que deben tenerse en cuenta son la agitación de la mezcla, al igual que las mediciones de temperatura, pH y viscosidad.

5.7 FASE IV: PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La cuarta fase recoge todas las matrices desarrolladas anteriormente y las traduce en acciones con el fin de definir los controles que se deben aplicar al proceso para satisfacer las necesidades del consumidor.

5.7.1 Transferencia de los Parámetros Críticos de Proceso. Se seleccionaron todos los parámetros críticos de proceso, debido a que todos son esenciales en la preparación de un adhesivo.

5.7.2 Evaluación de la Operación. A continuación se describen las pruebas que deben hacerse a un adhesivo con el fin de evaluar la calidad.

- ***Viscosidad***

Esta se evalúa por primera vez al adicionar el bórax, sin embargo debe ser controlada constantemente. Una vez finalizado el proceso se toma una muestra que es entregada al laboratorio para medir la viscosidad final del adhesivo.

- ***Agitación***

Una mezcla adecuada de los componentes depende en gran medida de la agitación, por lo cual esta debe ser constante.

- ***Temperatura***

La temperatura debe ser controlada en todo momento, ya que si el calor de la mezcla no es adecuado, los aditivos no podrán mezclarse correctamente. Inicialmente, la temperatura del agua debe estar alrededor de 85 C, y al final de la preparación el adhesivo debe estar aproximadamente en 37 C.

- **pH**

El pH es de gran importancia para el adhesivo, los controles de pH se realizan una vez se adiciona el NaOH y al finalizar la preparación.

5.7.3 Establecimiento de Requerimientos de Planificación. Las pruebas para determinar la calidad de un adhesivo buscan definir el estado de unión en el momento de la prueba. Generalmente, se aplican las siguientes pruebas.

- **Viscosidad**

Es la medida de fricción interna de un fluido o su resistencia a fluir a una temperatura determinada. Esta prueba se lleva a cabo con un viscosímetro Brookfield y el resultado se expresa en centipoises (cP).

- **Porcentaje de sólidos.**

Mide el contenido de sólidos que posee el adhesivo luego de su preparación. Se determina por lo general con un refractómetro.

- **pH.**

Esta prueba mide la basicidad del adhesivo. Dado que aditivos como el bórax o el NaOH son bases, el adhesivo es de naturaleza básica. Se determina por medio de un pHmetro.

- **Color y Olor.**

Esta prueba se determina por apreciación organoléptica de la persona encargada de realizar la evaluación.

- **Apariencia de la película.**

Esta propiedad se determina por esparcimiento de una película delgada del adhesivo sobre una lámina de vidrio. Una vez esparcida la película, se deja secar y luego se levanta la película del vidrio, probando así la facilidad de la película para mantenerse firme o hacerse quebradiza. Además la prueba permite evaluar si la película es brillante, opaca o transparente.

- **Fuerza adhesiva.**

Esta prueba se determina por esparcimiento de una película de adhesivo sobre dos hojas de papel kraft. Esta prueba determina la fuerza que tiene el adhesivo para unir los dos sustratos³¹ y al tratar de separarlos romper alguno de ellos. Adhesivos con buena fuerza adhesiva presentan un mejor rendimiento en procesos de pegado de alta velocidad.

- **Tiempo de secado.**

Esta prueba mide el tiempo que demora el adhesivo en secar y por ende en unir los sustratos. También es llamado tiempo abierto. Se realiza por esparcimiento de una película del adhesivo sobre una lámina de vidrio y una vez esparcida se determina el tiempo en minutos en la cual la película seca completamente.

- **Tack.**

³¹ Superficie sobre la cual se aplica el adhesivo.

Es una prueba que determina la pegajosidad que tiene el adhesivo y su capacidad para formación de hilo. Es una prueba cualitativa y se realiza tomando una muestra del adhesivo entre los dedos pulgar e índice y se evalúa la capacidad de formar hilos y la resistencia que opone el adhesivo a la separación de los dedos.

- ***Estabilidad.***

Esta prueba determina la tendencia del adhesivo a cambiar de viscosidad luego de su almacenamiento. Puede evaluarse dejando en reposo el adhesivo a temperatura ambiente o en ambientes estresantes de calor o frío por tiempo de 24 horas y luego determinando su viscosidad y comparándola con la medida inicial luego de su preparación.

6. EVALUACIÓN FINANCIERA

Este capítulo recopila los aspectos financieros del proyecto con el fin de evaluar la viabilidad de la producción de adhesivos de dextrina de yuca. A continuación se presentan los análisis de los flujos asociados a los costos, gastos, inversiones, ingresos, egresos y la rentabilidad del proyecto.

6.1 SUPUESTOS

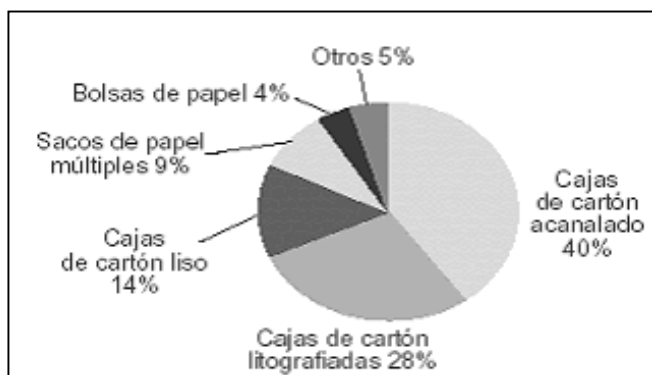
La simulación se llevó a cabo para un periodo de cinco años con una inversión inicial de \$138.804.000, de los cuales el 55% corresponde a maquinaria, 33% equivale a muebles, enseres y equipos de oficina y el resto por concepto de instalación.

6.1.1 Demanda Potencial. En el caso del adhesivo para el cierre de cajas corrugadas (*ref: CC*) resulta muy difícil asociar el consumo a alguna actividad productiva en particular pues cualquier empresa que empaque sus productos en cajas corrugadas constituye mercado potencial. Por esta razón resulta muy difícil dimensionar el mercado total de este producto. Además los adhesivos comparten este mercado con productos sustitutos como cintas, papeles autoadhesivos y grapas. Sin embargo, de acuerdo a datos suministrados por la gerencia comercial de una empresa productora de adhesivos, el mercado nacional de adhesivos para esta aplicación equivale aproximadamente a 500 toneladas mensuales. A partir de lo anterior, se estimó que en el primer mes del año 1 se venderán 5 toneladas de adhesivo de esta referencia, lo que equivale al 1% de participación en el mercado, este valor se aumentará progresivamente hasta terminar el primer año con una participación del 20%, ajustada al crecimiento del mercado.

Por otro lado, para la aplicación correspondiente a bolsas de papel y sacos multipliegos (*ref: BP y SM*), se definió como marco muestral para el cálculo de la demanda potencial todas las instituciones contempladas en el subsector *Envases y cajas de papel y cartón* (*Cod. CIIU 3412*). La Figura 31 muestra que la producción de bolsas de papel representa el 4% y la de sacos multipliegos el 9% de la producción total del subsector. Esta participación en la producción es proporcional a la demanda de insumos que se genera, por lo que estaría directamente relacionada con la de la compra del adhesivo. Según

cifras de la ANIF³², se estima que el consumo de adhesivos en instituciones dedicadas a la fabricación de bolsas de papel es de aproximadamente 60 t/mes.

Figura 31. Porcentaje en la producción total de los principales productos de envase y cajas de papel y cartón.



Fuente: ANIF, 2003.

Por otro lado, en Colombia existen sólo cuatro productores de sacos multipliegos, los cuales dominan el mercado: Colombates S.A, quien consume aproximadamente 80 t/mes; Smurfit Cartón de Colombia con 60 t/mes y Odempa y Ansa que consumen 40 t/mes cada una. Por esta razón el mercado potencial para esta referencia fue estimado en 220 t/mes. De este total consumido, el 70% corresponde al engomado del fondo (*Ref: SM-F*) mientras que el 30% para laterales. Para determinar el comportamiento de la demanda se tomó como marco de referencia Colombates S.A por ser la más representativa dentro del subsector en ventas de producto y de consumo de materia prima³³.

6.1.2 Demanda Específica. Para la referencia *BP* se estiman ventas de 5 ton/mes, con un aumento progresivo hasta alcanzar 20 t/mes según el crecimiento estimado del mercado.

La situación del mercado de los sacos multipliegos es similar al de bolsas de papel. Para el primer año se espera obtener ventas de 10 t/mes en los dos tipos de adhesivos. En la

³² ANIF. Análisis Mercados Industriales 2003. p. 88.

³³ Colombates S.A. tiene en el mercado una alta representatividad en cuanto a consumo, pues el 36% del total del consumo nacional de adhesivos corresponde a esta empresa. Fuente: DANE, Cálculos de los autores.

referencia SM-F se espera un mayor crecimiento los primeros meses pasando a 30 t/mes el segundo mes, mientras que en el adhesivo para laterales se espera vender 20 t/mes en el segundo mes de acuerdo a las tendencias estacionales del mercado.

El comportamiento de las ventas asociado a la demanda específica estimada anteriormente, se incrementará en un 5% anual el segundo año y 10% anual durante los tres siguientes años, en todas las referencias. La Tabla 12 resume lo anterior.

Tabla 11. Ventas estimadas en el período de evaluación

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
PROD CCC (18%)	126,730	139,720	161,376	186,390	215,280
PROD BP (18%)	236,930	261,215	301,704	348,468	402,480
PROD SM-F (30%)	433,840	478,309	552,446	638,076	736,977
PROD SM-L (22%)	280,140	308,854	356,727	412,019	475,882
TOTAL	1,077,640	1,188,098	1,372,253	1,584,953	1,830,620

Fuente: Las Autoras

6.1.3 Precios. En lo que se refiere a precios, se ha estimado un incremento anual constante del 5% durante los años del análisis del proyecto. La Tabla 13 resume los precios de venta de las cuatro referencias ofrecidas y sus respectivos incrementos para los 5 años presupuestados.

Tabla 12. Precios de venta en el período de evaluación

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
PROD CCC (18%)	1,102	1,157	1,215	1,276	1,339
PROD BP (18%)	1,102	1,157	1,215	1,276	1,339
PROD SM-F (30%)	1,276	1,340	1,407	1,477	1,551
PROD SM-L (22%)	1,218	1,279	1,343	1,410	1,480

Fuente: Las Autoras

6.2 INGRESOS

Los ingresos de este proyecto provienen de los ingresos por venta de las cuatro referencias de adhesivos. La tabla 14 muestra los ingresos por venta en el horizonte del proyecto acorde con las cantidades y precios estimados para el período analizado.

Tabla 13. Ingresos por venta en el período a evaluar

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
PROD CCC (18%)	115	121	133	146	161
PROD BP (18%)	215	226	248	273	300
PROD SM-F (30%)	340	357	393	432	475
PROD SM-L (22%)	230	242	266	292	321

Fuente: Las Autoras

6.3 EGRESOS

Los egresos se componen de dos rubros, los costos de producción y los gastos. Los costos a su vez se dividen en costos fijos y variables. Los costos fijos incluyen los costos indirectos de fabricación y la nómina agrupados como Costo de Ventas, mientras que los variables, se generan por cada tonelada producida. Dadas las características del proyecto, los gastos asociados a este son principalmente de carácter operacional. La Tabla 15 muestra el comportamiento de los costos durante los cinco años del análisis y arroja un indicador, el punto de equilibrio³⁴, que permite operar sin presentar pérdidas y que lo que se venda a partir de este valor se traduzca en utilidad³⁵.

Tabla 14. Comportamiento de los costos en el período a evaluar

³⁴ Nivel de ventas en el que se logra equilibrar los ingresos con los egresos asociados a la operación de la empresa. Fuente: SCHMITT, Conrad y WOODFORD, Protase. Economía y Finanzas. McGraw-Hill 1992. p.125.

³⁵ $PTO\ EQ = Total\ De\ Costos\ Fijos / (Precio\ Unitario - Costo\ De\ Ventas\ Unitario)$

	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5
Costos Variables	660,362	721,425	781,467	847,050	918,722
Materia Prima	422,041	443,143	487,458	536,208	589,824
Gastos Operacionales	228,321	278,281	294,009	310,846	328,898
Costos Fijos	308,488	319,822	352,763	388,857	428,449
Costos de Ventas	302,265	317,378	349,116	384,028	422,430
Depreciación	1,228	2,444	3,647	4,839	6,019
Total Costos	968,855	1,041,247	1,134,230	1,235,916	1,347,171

Fuente: Las Autoras

6.4 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Dentro del análisis de factibilidad económica del proyecto se consideró la Tasa Interna de Retorno (TIR), ya que esta permite una base objetiva para la evaluación y selección de proyectos. Este método permite contabilizar tanto la magnitud como los tiempos de los flujos de caja esperados o proyectados en los períodos del análisis. Básicamente consiste en igualar una tasa de descuento al valor presente de los egresos proyectados con el correspondiente valor presente de los ingresos esperados en los períodos de análisis³⁶. Lo anterior esta representado por la siguiente formula:

$$\sum_{t=0}^n \left[\frac{A_t}{(1+r)^t} \right] = 0$$

Donde A_t , es el flujo de caja para el período t y n es el período para el flujo de caja esperado.

Tabla 16. Flujo de caja al período a evaluar

Período	Flujo de Caja	Valor (miles de \$)
A_0	Capital de Inversión	-138.804
A_1	FC Año 1	76.883
A_2	FC Año 2	91.817
A_3	FC Año 3	108.440
A_4	FC Año 4	127.011
A_5	FC Año 5	147.727

Fuente: Las Autoras

³⁶ VAN HORNE, James. Financial Managment and Policy, Prentice Hall. 9na Edición, 1992. p. 134.

Para el caso específico del proyecto, se resumen los ingresos y egresos esperados en el correspondiente flujo de caja para cada año del período a analizar. De la Tabla 16 y la formula TIR se resume lo siguiente:

$$\$138.804 = \frac{\$76.883}{(1+r)^1} + \frac{\$91.817}{(1+r)^2} + \frac{\$108.440}{(1+r)^3} + \frac{\$127.011}{(1+r)^4} + \frac{\$147.727}{(1+r)^5}$$

TIR = 62%

Esta tasa refleja las características del proyecto: alto riesgo generado por ser los adhesivos a partir de dextrinas de yuca un producto nuevo. El criterio de aceptación de los inversionistas se limitará a comparar la TIR con una tasa requerida de retorno acorde a las necesidades y características de cada uno de ellos.

6.5 VALOR PRESENTE NETO (VPN)

En el cálculo del valor presente neto (VPN) de la inversión, todos los flujos de caja son descontados a un valor presente utilizando una tasa requerida de retorno³⁷. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \left[\frac{A_t}{(1+k)^t} \right]$$

Donde k es la tasa requerida de retorno (tasa de descuento) y donde A_t , es el flujo de caja para el período t y n es el período para el flujo de caja esperado.

Entonces tomando los datos de la Tabla 16, una tasa requerida de retorno del 8,3%³⁸ y la formula VPN se resume lo siguiente:

$$VPN = -\$138.804 + \frac{\$76.883}{(1,083)^1} + \frac{\$91.817}{(1,083)^2} + \frac{\$108.440}{(1,083)^3} + \frac{\$127.011}{(1,083)^4} + \frac{\$147.727}{(1,083)^5}$$

$$VPN = \$265.301$$

³⁷ VAN HORNE, James. Financial Managment and Policy, Prentice Hall. 9na Edición, 1992. p. 135.

³⁸ Esta tasa corresponde a la tasa TIO del inversionista que es el 8,3%.

6.6 ÍNDICE DE RENTABILIDAD (IR)

El Índice de Rentabilidad (IR) o tasa de beneficio costo, de un proyecto permite establecer un criterio de aceptación-rechazo tomando como base el VPN y el Capital de Inversión de un proyecto.³⁹ Su fórmula es el cociente entre el VPN y Capital de Inversión (A_0) del proyecto.

$$IR = VPN / A_0$$

$$IR = \$265.301 / \$138.804$$

$$IR = 1,91$$

Se puede concluir que por ser el $IR > 1$, el proyecto es aceptable. El valor del Índice de Rentabilidad al ser superior a uno, significa que el desembolso para la inversión al final del período no pierde valor, sino que por cada peso de la inversión este genera 91 centavos.

³⁹ VAN HORNE, James. Financial Management and Policy, Prentice Hall. 9na Edición, 1992. p. 144.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 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 Vietman. Las exportaciones están concentradas en tres de estos países, siendo el 85% realizadas 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.
- En el ámbito nacional, la producción de almidones y almidones modificados, incluyendo dextrinas, está monopolizada por la empresa Industrias del Maíz S.A., filial de la multinacional Corn Products International. Aunque esta empresa basa sus productos en el maíz, recientemente ha incluido en su portafolio productos a partir de yuca. Existen también en la zona rural, alrededor de 11.000 plantas procesadoras de almidón de yuca a pequeña y mediana escala, llamadas rallanderías, manejadas principalmente por mano de obra familiar o pequeñas cooperativas de campesinos, las cuales procesan un almidón de forma artesanal, utilizando procesos de secado solar. Sin embargo en calidad, el almidón no es comparable con el obtenido por empresas de alta tecnología o con los almidones importados, los cuales provienen principalmente de Estados Unidos y Brasil.
- Los esfuerzos realizados por los centros de investigación y en general por los programas gubernamentales, para la incorporación de paquetes tecnológicos en la cadena agroindustrial de la yuca, todavía no se ven reflejados en el desarrollo del sector. Es notoria la deficiencia en tecnologías para la obtención de productos de mayor valor agregado; centrándose los esfuerzos en la obtención de yuca, harina y almidón agrio, destinados principalmente a la industria de concentrados para animales.
- 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.
- La matriz de Planificación del Producto permitió traducir las necesidades de los consumidores de adhesivos en requerimientos de diseño cuantificables y a su vez determinar cuales de ellos son indispensables en el desarrollo del producto según su importancia, dificultad y beneficio. Las variables que se deben tener en cuenta son la penetración en el sustrato, la buena formación de películas, y la buena adhesividad, mientras que aquellas características que deben ser potencialmente mejoradas son las relacionadas con la formación de grumos, la estabilidad en viscosidad y la disminución del tiempo de secado.
- La Matriz de Despliegue de componentes permitió un acercamiento hacia la formulación más adecuada para el diseño del producto. Se identificaron los principales componentes teniendo en cuenta su viabilidad de acuerdo con costos, toxicidad, estabilidad y disponibilidad. Adicionalmente, se identificaron las características críticas de

calidad, aspectos a fortalecer y posibilidades para crear ventaja competitiva de los adhesivos a partir de pirodextrinas frente a sus principales sustitutos.

- La validación del diseño del adhesivo a nivel experimental permitió comprobar que es posible la obtención de adhesivos a partir de pirodextrinas de yuca con características aceptables. Lo que da las bases para posteriores estudios en el diseño de adhesivos que satisfagan los requerimientos del mercado, con la evaluación de niveles y tipo de los componentes.
- 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.
- El estudio de factibilidad económica mostró que dadas las condiciones planteadas, la producción de adhesivos es viable ya que cada peso invertido retorna 0,91.

Con miras a orientar estudios futuros cuyo objetivo sea profundizar en el tema del proyecto, se recomienda:

- 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.

- Dado el gran mercado de las dextrinas en el sector de los alimentos, se propone estudiar el uso de las pirodextrinas en este sector, como potencial de uso, con ajustes en los procesos de producción que permitan obtener pirodextrinas con propiedades de funcionales similares a las de las maltodextrinas, lo que haría los procesos m'as competitivos económicamente dado las ventajas que presenta la obtención de dextrinas por vía seca.
- 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.
- Implementar modelos de transferencia de tecnología que permita a los pequeños cultivadores de yuca beneficiarse no sólo de la investigación aquí propuesta, sino de otros proyectos relacionados con el tema que los centros de investigación realicen en torno al cultivo de la yuca.
- Algunos de los requerimientos del consumidor presentan correlaciones negativas, lo que implica que llevar a cabo algunos afecta negativamente el cumplimiento de otros, por lo cual una validación profunda a escala experimental del adhesivo es primordial para optimizar los componentes del adhesivo que permita satisfacer las características requeridas.
- Los adhesivos industriales son desarrollados específicamente para satisfacer las necesidades puntuales de cada cliente. Por esta razón, es indispensable la cercanía con el cliente que se refleja finalmente en la amplia satisfacción de los deseos del consumidor, no sólo por haber sido partícipe en el proceso de investigación y desarrollo sino también porque se fortalece la asistencia técnica y respaldo por parte del proveedor.

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.

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.

BERENGUER J. MARÍA. Colas y adhesivos. Tipos y riesgos higiénicos. Centro nacional de condiciones de trabajo. Barcelona. <http://www.siafa.com.ar/notas/nota50/colas-adhesivos.htm> (consulta octubre 15 2003).

Boletín No 6 CCI (Corporación Colombia Internacional). Perfil de Producto. Octubre – Diciembre 1999.

BONILLA Ana Milena. Estudio de la viabilidad técnica para la obtención de adhesivos a partir de harina de yuca refinada, extraída en forma artesanal e industrial, evaluando tres variedades de yuca. Trabajo de grado (Ingeniero Agroindustrial). Clayuca. Cali 2002.

COGGIN T.B. Economic factors in adhesive selection. Industrial Packaging adhesives. Descripción General

DTP Studies Inc. IDRC y Fondo Internacional de desarrollo Agrícola (FIDA). Business opportunities for the use of cassava. En: Global Cassava Study. Guelph, Ontario – Canadá. 1999.

ESCOBAR A. ZULLY. Análisis sectorial y microeconómico del impacto de la introducción de cambio tecnológico en la producción de yuca en Colombia. Monografía (Economista). Universidad del Valle. Facultad de Ciencias sociales y económicas. Cali, 2001.

Fondo Internacional de desarrollo agrícola (FIDA) y Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). La economía mundial de la yuca. Hechos, tendencias y perspectivas. 2000

Fredonia Industry Study # 1382. Enero 2001.

GARCÍA Y ASOCIADOS. Aspectos generales en el desarrollo y aplicación de los adhesivos. 1993.

International Starch Institute

J. NOORI Hamid. The design of an integrated group decision support system for technology assessment. En: Research and Development Management. Vol 25, no 3; (1995); p. 309-322.

KENNEDY, H. M. and FISCHER, A.C Jr. Starch and Dextrins in prepared Adhesives. En: WHISTLER, Roy L., BEMILLER, James N. and PASCHALL, Eugene F. Starch: Chemistry and Technology. 2 ed. Orlando (Florida): Academic Press, 1984. p. 593-610.

QFD. Quality Function Deployment. Manual de implantación. AMERICAN SUPPLIER INSTITUTE. DEARBON MICHIGAN. Traducción Centro de Calidad ITESM. Monterrey, México. 1991.

RADLEY, J. A. Starch and Its Derivatives. New York: John Wiley & Sons, 1954. p. 107-125.

ROMERO Carlos. Análisis de las Decisiones Multicriterio. Monografías de ingeniería de sistemas. Isdelfe Madrid España 1996.

SKEIST, IRVING. Handbook of adhesives.

SKEIST, Irving. Handbook of Adhesives. 2 ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1977. p.192-211.

SOCIEDAD www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/espana

WESTBY, ANDREW. Cassava Utilization, storage and small – scale processing. Natural Resources Institute University of Greenwich. En: HILLOCKS R.J, TRESH J.M and BELLOTTI A.C. Cassava: Biology, Production and Utilization. CAB International. 2002.

WURZBURG, O.B. Modified Starches: Properties and Uses. Boca Raton: CRC Press, 1986. p. 29-40.

WURZBURG, O.B. Modified Starches: Properties and Uses. Boca Raton: CRC Press, 1986. p. 29-40.