

*Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas
Departamento de Ingeniería Química
Facultad Química- Farmacia*

TRABAJO DE DIPLOMA



*Diseño y aplicación de una estrategia para la
evaluación tecnológica en procesos de moldeados de
celulosa.*

***Autora:** Alianny Brito Pérez*

***Tutores:** Dr. C. Juan Pedro Hernández Touset
M. SC. Pablo Michel Marin Ortega*

***Consultante:** Dr.C. Agustín García Rodríguez
Ing. Rolando López Concepción*

*"Año 56 del Triunfo de la Revolución"
2014*

“La sabiduría suprema es tener sueños bastante grandes para no perderlos de vista mientras se persiguen”.

William Faulkner

Dedicatoria

A mis padres, por ser las personas más importantes en mi vida.

Agradecimientos

Cuando se llega a momentos como este, únicos en la vida, siempre se reserva un instante para meditar y recordar lo largo y difícil que ha sido el camino, pero lo corto y relativamente fácil que ha parecido porque se ha contado con el apoyo incondicional y la compañía de personas que en una sola hoja de este trabajo de diploma no se podrían mencionar, por tanto y para no excluir a ninguna de esas personas solo quiero agradecer de forma muy especial:

A mis padres por ser ejemplo y fuente de inspiración para seguir siempre adelante y para no dejar de luchar jamás por lo que aspiré alcanzar. A ti mamita por hacerte sentir tan cerca a pesar de la distancia, por el esfuerzo realizado todos estos años, y por ser esa fuente inagotable de amor en toda ocasión.

A mi novio por darme toda la confianza, el cariño y el amor de esa manera única que tiene de hacerlo. Gracias por estar conmigo en todo momento y pendiente de cada detalle, por enseñarme otras herramientas ingenieriles un tanto desconocidas para mí. Esta tesis también es tuya.

A mis hermanos por preocuparse desde lejos, por servirme de ejemplo en todo momento y sobre todo por ser tan especiales para mí.

A mi tutor por el apoyo y la asesoría oportuna y precisa para la realización de este trabajo.

A Gladys por hacer más placentera la ausencia de mi mami, por su cariño y preocupación.

A todos mis familiares y mis amigos fuera de la universidad, sobre todo a mi abuela por su apoyo y dedicación.

A todos mis compañeros de aula por compartir tanto los buenos como los malos momentos en estos inolvidables cinco años, (a Yey por sus buenos consejos, Dayo, Isis y Yeniffer), en especial a Ede por ser mi compañera y amiga, por estar siempre disponible para lo que hiciera falta y por ser la mejor haciendo recuerditos...

A los profesores que directa o indirectamente influyeron en mi formación como profesional.

A las personas de la empresa que dedicaron parte de su preciado tiempo para la realización de este trabajo.

A todos, muchas Gracias

En el presente trabajo se desarrolla y aplica una estrategia para la evaluación de tecnologías de procesos de moldeados de celulosa a partir de estudios previos de evaluación tecnológica, reportados internacionalmente y en el país. El objetivo de la investigación es realizar una selección de tecnologías y su evaluación con el propósito de contribuir a los estudios de pre-factibilidad de un proyecto de inversión en áreas del antiguo Combinado de Papeles Blancos de Jatibonico.

Las tecnologías seleccionadas como caso de estudio fueron Hartmann Technology y Huhtamaki Technology. La estrategia propuesta incluye la evaluación del equipamiento, sistemas de bombeo y de tuberías, para la cual se determinaron los parámetros de diseño y se compararon con la documentación del fabricante; se realiza además una simulación del proceso utilizando el software Tibco Business Studio y un análisis de factibilidad técnico – económico de ambos proyectos de inversión; se define y determina un indicador global, basado en el uso de la lógica difusa compensatoria, con ayuda del software Fuzzy Tree Studio. El indicador integra los resultados obtenidos de las herramientas ingenieriles anteriormente mencionadas y contribuye al proceso de evaluación y elección de la tecnología.

La aplicación de la estrategia hizo posible la verificación de la magnitud de las variables de diseño y de operación definidas en el proyecto; la identificación de las deficiencias potenciales de la tecnología, que pueden incluir omisiones de equipamientos y sistemas auxiliares; y la emisión de criterios técnicos y económicos para facilitar el proceso de adopción de la tecnología.

Current research develops and applies a strategy for technology evaluation in cellulose molding processes from previous national and international studies in the field. The goal of the investigation is to perform a selection and evaluation of technologies with the purpose of contributing to pre-feasibility studies for an investment project in areas of former of Jatibonico White Paper Factory.

Selected technologies as case study were Hartmann Technology y Huhtamaki Technology. The strategy includes: equipment evaluation, pumping and pipelines systems evaluation, for which design parameters ere determined and compared with manufacturer documentation; it was also made a simulation of the process using software Tibco Business Studio and a technical – economic feasibility analysis for both investment projects; finally a global indicator was defined and determined, based on the use of compensatory fuzzy logic, the indicator integrates results obtained from previously mentioned engineering tools and contributes to the evaluation and selection of the technology, for its calculation was used software Fuzzy Tree Studio.

Application of the strategy allowed finding deviation of design and operation variables with regard to the manufacturer offer; besides it identifies possible technology deficiencies, which may include equipment and auxiliary systems omissions; there were also released technical and economic criteria to facilitate the technology adoption process and a more favorable proposal.

<i>Introducción</i>	1
<i>Capítulo I. Análisis Bibliográfico</i>	4
1.1 Generalidades sobre procesos de fabricación de moldeados de celulosa	4
1.1.1 Productos, usos y producción.....	4
1.1.2 Antecedentes de la industria celulósica en Cuba y fundamentación de la nueva inversión	5
1.2 Utilización del papel reciclado como materia prima para la fabricación de moldeados de celulosa	6
1.3 Principales operaciones en el sistema de preparación de pastas para la fabricación de moldeados de celulosa a partir de papel reciclado.....	7
1.3.1 Funciones parciales del proceso.....	8
1.4 Equipamiento utilizado para realizar la preparación de pastas en fábricas de moldeados de celulosa a partir de papel reciclado.....	9
1.4.1 Transportadores de paca.....	9
1.4.2 Hydrapulper	10
1.4.3 Separadores de impurezas y depuradores presurizados	10
1.4.4 Hidrociclones	11
1.5 Generalidades sobre la gestión tecnológica.....	11
1.5.1 Consideraciones sobre la vigilancia tecnológica (VT)	12
1.6 Conceptualización y objetivos de la evaluación de tecnologías.....	13
1.6.1 Análisis de los estudios, procedimientos y metodologías para la ET	15
1.7 Lógica difusa y lógica difusa compensatoria en la modelación de las decisiones	16
1.7.1 Operadores difusos	17
1.7.2 Funciones de pertenencia	18
1.7.3 Árboles difusos.....	18
1.7.4 Predicados de la lógica difusa	19
Conclusiones Parciales.....	20
<i>Capítulo II. Estrategia para la evaluación tecnológica</i>	21
2.1 Introducción	21
2.2 Descripción de la estrategia para evaluar tecnológicamente una inversión	21
2.2.1 Paso 1: Preparación.....	21
2.2.1.1 Establecimiento de los compromisos de la organización	21
2.2.1.2 Conformación del equipo de trabajo	23
2.2.1.3 Preparación del personal.....	24
2.2.2 Paso 2: Definición del contexto de la evaluación	24
2.2.3 Paso 3: Caracterización de la instalación industrial y las tecnologías propuestas a implementar	24
2.2.4 Paso 4: Definir origen de las deficiencias asociadas a las tecnologías.....	25
2.2.5 Paso 5: Identificación de las deficiencias tecnológicas.....	25
2.2.6 Paso 6: Aplicación opcional del Análisis Complejo de Procesos (ACP)	26
2.2.7 Paso 7: Determinar la necesidad de adquirir una nueva tecnología	26
2.2.8 Paso 8: Selección y aplicación de los métodos de evaluación de las etapas y del proceso.....	26
2.2.8.1 Evaluación tecnológica ambiental (ETA)	26
2.2.8.2 Evaluación de equipos y sistemas auxiliares.....	27
2.2.8.3 Evaluación del proceso	29
2.2.9 Paso 9: Análisis de los resultados de los métodos de evaluación de las etapas y del proceso	31
2.2.10 Paso 10: Definición de las deficiencias del proyecto	32
2.2.11 Paso 11: Evaluación técnico - económica de las tecnológicas	32
2.2.13 Paso 13: Proyecto de inversión	36
Conclusiones Parciales.....	39
<i>Capítulo III. Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica</i>	41
3.1 Introducción	41

3.2 Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica en el proyecto inversionista de planta de moldeados de celulosa de la UEB Jatibonico	41
3.2.1 Paso 1: Preparación	41
3.2.2 Paso 2: Definición del contexto de evaluación	43
3.2.3 Paso 3: Caracterización de la instalación industrial y de las tecnologías propuestas a implementar	43
3.2.4 Paso 8: Selección y aplicación de los métodos de evaluación de las etapas y del proceso	46
3.2.4.1 Evaluación Tecnológica Ambiental (ETA)	46
3.2.4.2 Evaluación de equipos y sistemas auxiliares.....	47
3.2.4.3 Evaluación del proceso	49
3.2.5 Paso 9: Análisis de los resultados de los métodos de evaluación de las etapas y del proceso	51
3.2.6 Paso 10: Definición de las deficiencias tecnológicas asociadas al proceso de transferencia	51
3.2.7 Resultados de la evaluación técnico – económica de las tecnologías ...	52
3.2.8 Paso 13: Proyecto de inversión	54
Conclusiones Parciales.....	57
Conclusiones Generales.....	59
Recomendaciones	60
Bibliografía.....	61
ANEXOS.....	65

Introducción

El desarrollo de nuevas tecnologías industriales es uno de los principales retos que enfrenta el país hoy en día en aras de lograr una disminución de importaciones y a la vez promover las exportaciones, estas últimas de vital importancia para el desarrollo económico.

Es apreciable la cantidad de instalaciones de procesos químicos introducidos en el país a través de los diversos mecanismos de transferencia tecnológica, que han operado ineficientemente, desde el propio inicio de sus operaciones, con comportamientos anómalos y sin la adecuada proyección de las innovaciones tecnológicas. Esta situación es atribuible en un alto grado a una insuficiente información tecnológica previa y a la recepción y explotación de la tecnología sin una consecuente aplicación de herramientas ingenieriles.

Las diversas producciones de la pulpa y el papel tienen una amplia utilización en muchas ramas de la industria y de la vida, por lo que el desarrollo de la tecnología de esta producción está indisolublemente ligado al desarrollo de la sociedad.

Todo esto conlleva a tanto los obreros, como los profesionales involucrados en este tipo de proceso estén obligados a buscar soluciones prácticas para mejorar y desarrollar la industria papelera en sentido general.

La calidad de dicho producto depende en gran medida de la tecnología instalada y de la cultura industrial que tengan los trabajadores de dicho sector, es por ello que la búsqueda de nuevas estrategias, así como la remodelación de industrias que cuenten con tecnologías obsoletas, es uno de los caminos a seguir para mejorar dichas producciones.

El antiguo Combinado de Papeles Blancos en Jatibonico, Sancti Spíritus se encuentra paralizado desde los años 90. La entidad muestra ligeros avances en cuanto a la reconversión tecnológica e incorporación de nuevas tecnologías, pues la misma está inmersa desde el año 2012 en un proceso inversionista que consta del montaje de una nueva y moderna planta de moldeados de celulosa, debido a la importancia extrema que tiene para el país la sustitución de importaciones, además que ofrecerá garantías de abastecimiento de bandejas para huevos, vital en la seguridad alimentaria de la nación.

Este proyecto surge como una necesidad impuesta al país por el aumento de la producción de huevos que se proyecta para los próximos años, así como la conveniencia de no reutilizar las bandejas, minimizando los riesgos biológicos que conlleva la trasmisión de la influenza aviar, la salmonella y otras enfermedades.

La nueva y moderna línea de moldeados de celulosa o bandeja para huevos, como también se le conoce, estaría encaminada a producir 50.0 millones de bandejas anuales destinadas al envase de huevos, capaz de absorber la mayor parte de la demanda nacional de este producto; para lo cual se aprovecharán las edificaciones, infraestructura y la ubicación geográfica favorable que brinda la planta paralizada de la fábrica de papel de Jatibonico. La misma, además, será capaz de producir otros productos moldeados de celulosa, destinados al consumo de la población, el turismo y las nuevas formas de propiedad.

Para la selección de la tecnología de la nueva planta que se adquirirá, se tuvieron en cuenta varias compañías suministradoras, resultando ser las más destacadas desde el punto de vista técnico, tres firmas internacionales, que en la actualidad son las líderes mundiales en el sector de la venta de maquinarias para la producción de bandejas de celulosa reciclada, para el empaque de huevos.

En los últimos años la Empresa Nacional del Papel ha dirigido sus esfuerzos hacia la ejecución de inversiones en las industrias papeleras, sin embargo no se cuenta con una metodología sistemática e integrada de evaluación tecnológica que permita evaluar globalmente el impacto y la efectividad técnico económica de la inversión en cuestión.

En este sentido surge la necesidad de elaborar un programa de desarrollo que permita satisfacer la demanda de los clientes, incrementar el aprovechamiento de la capacidad instalada, aumentar la calidad de las producciones, reducir los costos, crear nuevas capacidades y proteger el medio ambiente.

Tomando en consideración los aspectos previamente citados, se define el siguiente **problema científico**:

Ausencia de una estrategia sistemática e integrada de evaluación tecnológica, que permita medir globalmente el impacto técnico, económico, social y ambiental de las tecnologías de producción de moldeados de celulosa en proceso de transferencia.

En correspondencia con lo planteado anteriormente se formuló como **hipótesis general de investigación**, la siguiente:

Mediante el diseño y aplicación de una estrategia de evaluación tecnológica, se contribuye a reducir los gastos de recursos humanos, materiales y financieros asociados a imprecisiones en el proyecto, a la insuficiente información sobre la tecnología, previo a la ejecución del proyecto y puesta en marcha de la planta, así como identificar los potenciales impactos técnicos, económicos y ambientales de la nueva tecnología.

En conformidad con la hipótesis planteada el **objetivo general** de la investigación consistió en realizar una selección y evaluación de tecnologías de producción de moldeados de celulosa que contribuya a los estudios de factibilidad del proyecto de inversión que actualmente se realiza en el antiguo combinado de papeles blancos de Jatibonico.

Objetivos específicos

1. Realizar un análisis de la literatura especializada, abarcando los aspectos teóricos conceptuales y las experiencias prácticas existentes, relacionados con las metodologías para la selección de tecnologías de producción de moldeados de celulosa.
2. Diseñar una estrategia de evaluación tecnológica, que integre herramientas ingenieriles e informáticas, que contribuyan a mejorar el proceso de toma de decisiones en la selección de tecnologías de plantas de moldeados de celulosa.
3. Validar la estrategia propuesta a partir de su aplicación en los estudios de pre-factibilidad del proyecto de inversión, que actualmente se realiza en el antiguo combinado de papeles blancos de Jatibonico.

Capítulo I. Análisis Bibliográfico

1.1 Generalidades sobre procesos de fabricación de moldeados de celulosa

La presión del mercado sobre los plásticos en los años 90 produjo un incremento en la producción de pulpa moldeada para usos muy variados, que van desde bandejas para productos alimenticios hasta soportes y protectores de elementos y herramientas pesadas. Estos productos constituyen, a la fecha, los únicos provenientes de materiales fibrosos papeleros que se forman en tres dimensiones. Sin embargo, constituye uno de los sectores menos documentados de la industria celulósica, tanto desde el punto de vista tecnológico como de comercialización.

La pulpa moldeada, también llamada celulosa moldeada, es conocida desde los años 30 como bandeja o estuche para huevos, la que sigue siendo hoy en día su aplicación más representativa. Su uso se diversifica a partir de la década del 90 con la aparición de nuevos productos. Es así que se presenta como una solución de embalaje o de acondicionamiento indiscutible para muchos productos alimenticios y para productos de gran consumo e industriales. Habitualmente se fabrican a partir de papeles y cartones reciclados, agregándose al balance positivo de su ciclo de vida su carácter biodegradable y 100 por ciento reciclable.

Pero a pesar del uso cada vez más expandido de los productos moldeados, estos no cuentan con una categoría propia que los distingua de otros productos obtenidos a partir de fibras papeleras, y difícilmente se encuentran discriminados en estadísticas de producción, comercialización y consumo (Gavazzo & Pavlik, 2008).

Desde el punto de vista científico, estos productos reúnen la problemática asociada a dos grandes grupos del conocimiento: la fabricación de un producto a partir de fibras papeleras y la evaluación de un producto utilizado en embalaje. Además es importante agregar que las materias primas, la tecnología de producción y los distintos productos finales han sido muy poco estudiados.

1.1.1 Productos, usos y producción

Los productos moldeados se fabrican de muy variadas formas, y en razón a su diseño en tres dimensiones, algunos de sus posibles usos se muestran a continuación:

- Embalaje de restauración, como por ejemplo, platos, bandejas para vasos, bandejas para entradas.



- Distribución y embalaje de alimentos, en bandejas y estuches para huevos, bandejas para frutas, cajas para pizza, bandejas para productos varios; bases y bandejas para vinos.
- Productos especializados, como por ejemplo: macetas de germinación y recipientes médicos desechables;
- Embalaje de productos de distintos tamaños y formas: productos moldeados que encajan perfectamente en el envase (embalaje de elementos informáticos, herramientas y lámparas), o utilizando pequeñas piezas moldeadas como material de relleno.

De todas estas funciones, las formas más utilizadas y conocidas se encuentran en el sector de los embalajes, donde cumplen la función de proteger un producto durante su transporte y manipulación.

Una pieza moldeada destinada a contener un producto, es un material formado en compartimientos para inmovilizarlo y amortiguar los golpes y las vibraciones. Además, pueden destacarse otras propiedades de las pulpas moldeadas según su uso. Por ejemplo, los estuches y maples para huevos ayudan a preservar la temperatura de los mismos y absorben el exceso de humedad; el diseño de las bandejas para frutas evita el roce entre ellas y la celulosa moldeada absorbe el exceso de humedad generado por la fruta o el proveniente de la condensación formada por cambios bruscos de temperatura, reduciendo el peligro de multiplicación de hongos y bacterias (Gavazzo & Pavlik, 2008).

Otras características de las bandejas utilizadas con comestibles son su resistencia en húmedo, lo que permite desembalar los alimentos que liberan humedad sin romperse, y su porosidad, la que permite el paso del oxígeno manteniendo los productos frescos por más tiempo.

1.1.2 Antecedentes de la industria celulósica en Cuba y fundamentación de la nueva inversión

En el año 1979 se inició la producción de bandejas para huevos en nuestro país, con el montaje de la planta de moldeados de celulosa de Calabazar, Ciudad de la Habana, cuyo equipamiento le fue comprado a la firma canadiense EMERY. Esta planta, concebida inicialmente para producir 50 millones de bandejas, alcanzó una producción máxima de 49 millones en el año 1989. No obstante, los años de explotación en condiciones difíciles, hicieron que su estado técnico productivo se fuera degradando, hasta provocar su paralización total durante los meses de enero, febrero y marzo de 2007. Al ser esta la única planta existente en el país, su paralización motivó la importación urgente de



bandejas (3000.0 MU), con una excesiva erogación de divisas dado el carácter apremiante de la adquisición y las lógicas demoras que todo este accionar llevan implícitos. (252.3 MUSD) (S/A, 2012).

Ante los aumentos de la producción de huevos que se proyectan para los próximos años, así como la necesidad imperiosa de no rotar la bandeja (Certificado por Juan Carlos Reyes Robaina, Subdirector de Logística del UECAN, en carta del 9/11/2011), evitando así el riesgo de contaminación con la influenza aviar, salmonella y otras enfermedades, la demanda proyectada de bandejas generaría un déficit del producto que habría que cubrir con una nueva planta. En este sentido se propone la realización del proyecto de planta para fabricar bandejas para huevos, con el objetivo de satisfacer la demanda total de la región centro-oriental del país y parte de la región occidental. El 54% de la demanda de producción-recolección de huevos, está ubicado en las provincias centrales y orientales, que en su comercialización- distribución son abiertas y cerradas, evitándose el traslado del producto.

1.2 Utilización del papel reciclado como materia prima para la fabricación de moldeados de celulosa

En la actualidad, la administración de los recursos escasos exige un replanteo, en cuanto a la sociedad de consumo y la producción, reduciendo los insumos de energía (petróleo, electricidad, etc.), la contaminación del suelo, aire y agua; reaprovechando y disminuyendo la cantidad de residuos producidos; para con ello impulsar a la comunidad mundial a la búsqueda de nuevas alternativas.

Un estudio que resalta lo antes planteado, ha sido llevado a cabo por varios especialistas, donde se destacan los aportes realizados por los ingenieros químicos R. Smith, E. Petela y Wang, cuyos aportes en la década del 90 revolucionaron los conceptos sobre los procesos de reciclajes de materias primas de difícil adquisición. Por ejemplo la recuperación de los materiales nobles, es un proceso que consiste en utilizar materias primas que constituyen productos en desuso, para fabricar otros nuevos. El desperdicio en cierto modo obra con el reciclaje como materia prima, agregándole una particularidad al sistema de producción lineal, desplazando la categoría de lineal por la de circular.

Según especificaciones de la agencia norteamericana para la Protección del Ambiente (EPA), para que se considere un papel como reciclado, este debe contener, como mínimo, un 50% de fibras recicladas o bien, estar conformado por igual proporción de desechos o recortes de papel. El desarrollo del uso de fibras recicladas en la industria del papel ha significado un éxito a partir de la segunda mitad del siglo 20. En este nuevo siglo



las fibras recicladas representan una materia prima indispensable en la industria global del papel para satisfacer las necesidades de fibras en países industrializados y en vías de desarrollo.

El uso de residuos o de papel reciclado como materia prima para la preparación de pasta ha aumentado en el transcurso de las últimas décadas, hasta el punto que algunas papeleras dependen casi completamente del papel de desecho. En algunos países, este último se separa del resto de los residuos domésticos, en origen, antes de su recogida. En otros se realiza una separación por clases en plantas especiales de reciclaje, por ejemplo, cartón ondulado, papel prensa, papel de calidad y papel mezclado).

Sin embargo la utilización de papel de desperdicio como materia prima para la obtención de fibra conduce a enfrentar retos importantes, tales como la recolección, clasificación, limpieza y conocimientos científicos y tecnológicos, este último para:

- Optimizar el proceso de obtención de fibra útil a partir de papel recuperado
- Fabricar bandejas con aptitudes de uso a partir de fibra reciclada
- Transformar el papel fabricado con fibra reciclada en producto de empaque agroindustrial

Motivo por el cual en tiempos actuales la mayoría de las fábricas que utilizan papel de desperdicio insertan tecnologías y productos químicos para mejorar y optimizar la calidad de sus producciones así como el incremento de las mismas de manera apreciable.

1.3 Principales operaciones en el sistema de preparación de pastas para la fabricación de moldeados de celulosa a partir de papel reciclado

El proceso de fabricación de moldeados de celulosa cuenta en primer lugar, con un sistema de preparación de pasta, el cual se realiza de manera similar en los procesos tradicionales de preparación de papel. La materia prima que se utiliza en este caso, es la fibra reciclada (5%), que se mezcla con agua (95%) y se tritura en un pulper donde ocurre la separación mecánica del recorte en fibras independientes con el objetivo de obtener una suspensión fibrosa, que permita el transporte por bombeo a las siguientes secciones. La pasta después de tamizada es alimentada, a la consistencia adecuada, a la máquina moldeadora de donde las bandejas húmedas pasan, de manera continua, a un horno de secado y de ahí al sistema de apilado y empaquetado. En el **Anexo 1** se muestra esquematizado el proceso en cuestión con las principales secciones que conforman el mismo.



1.3.1 Funciones parciales del proceso

Desintegración inicial: en esta etapa ocurre la desintegración inicial del material fibroso a través del accionamiento mecánico de una cuba provista de un agitador llamada pulper y de la dilución con agua, lo que permite lograr la individualización de las fibras que se encuentran unidas entre sí en la materia prima y el transporte por bombeo a las siguientes secciones.

Normalmente la cuba es de acero u hormigón revestido de cerámica y de forma cilíndrica. El agitador por lo general es de tipo turbina y está colocado en el fondo o en una pared. En los pulpers de gran capacidad y con turbina en el fondo de la cuba, esta suele tener en las paredes laterales unas aletas deflectoras con el fin de conseguir una mejor homogeneización y evitar el flujo circulatorio.

La duración de la operación y el consumo de energía específica varía mucho según el tamaño del pulper (menor consumo para pulpers grandes) y sobre todo según el tipo de materia prima, aunque pueden darse como cifras orientativas 10-30 mínimo de desintegrado y 20-110 kWh /t. (Molina, 1989)

Además del diseño del equipo y la energía suministrada, las variables que más influyen sobre el proceso de desfibrado son la temperatura y la consistencia. En general, una mayor temperatura facilita el desfibrado, y además disminuye el consumo de energía al disminuir la viscosidad. La consistencia debe mantenerse lo más elevada posible, sin que se originen problemas de transporte de fluidos y de homogenización durante la agitación (S/A, 2010).

Despastillado: es la operación que le prosigue a la desintegración iniciada en el pulper, y que consiste en eliminar los aglomerados de fibras (pastillas) que restan de la suspensión. La operación se realiza disipando energía por pulsaciones de presión y/o turbulencia en unos aparatos denominados despastilladores, que están formados por un rotor que gira a elevada velocidad (25-30 m/s). El empleo de los despastilladores después del pulper tiene por objetivo reducir el consumo específico de la sección de desintegración, además de facilitar el trabajo de los refinadores. En el caso de proceder a la desintegración total en el pulper, el consumo de energía aumenta sensiblemente a partir de un 40 % de materia prima desintegrada debido a que se debe mantener en agitación toda la masa, tanto desintegrada como por desintegrar.

Depuración: es la operación unitaria encargada de eliminar las impurezas que pueden acompañar la suspensión fibrosa. La eliminación de las impurezas se hace necesaria tanto desde el punto de vista del acabado del molde de celulosa, como del propio



funcionamiento del proceso. En lo que respecta al proceso de fabricación, la presencia de impurezas voluminosas y gelatinosas puede causar agujeros, e incluso roturas a las bandejas a la salida de la mesa formadora, en la sección de prensas y en el secado.

Almacenamiento: el almacenamiento de la pulpa se realiza con el objetivo de garantizar la continuidad del proceso tecnológico en caso de la ocurrencia de roturas y/o fallos en el pulper, para ello se utilizan dos cubas de almacenamiento.

Control de la consistencia de la pulpa: el control de la consistencia se efectúa debido a que la consistencia obtenida en el pulper es muy elevada para la refinación, por lo que se hace necesario llevar la misma a un 3% .

1.4 Equipamiento utilizado para realizar la preparación de pastas en fábricas de moldeados de celulosa a partir de papel reciclado

Toda sección de preparación de pastas de una planta que utilice como materia prima papel reciclado, debe emplear una serie de equipos correctamente seleccionados que garanticen cinco operaciones fundamentales:

1. Desintegración de la materia prima y formación de la suspensión acuosa
2. Depuración de materias gruesas a altas consistencias
3. Depuración fina de la pulpa
4. Almacenamiento de la pasta depurada y preparada
5. Concentración y reutilización de efluentes, principalmente de residuales sólidos y líquidos

Los equipos tradicionales utilizados para la preparación de pasta que realizan las operaciones mencionadas anteriormente, son los siguientes:

1.4.1 Transportadores de paca

El equipo de transportación y alimentación de sólidos, disponible con modificaciones y variaciones muy numerosas, se puede clasificar en siete grandes categorías: tornillo sinfín, de bandas articuladas, elevador de cangilones, banda, flujo continuo, neumático y vibratorio (Ulrich, 1985).

En la producción de moldeados de celulosa se hace necesario transportar la materia prima que llega a la fábrica en pacas hacia el equipo desfibrador. Para realizar dicha operación se utilizan los transportadores de banda, que de los mencionados anteriormente estos resultan ser los más usados en las industrias de fabricación de moldeados de celulosa. Según (Ulrich, 1985): es la selección más económica cuando se trata de un transportador



de gran capacidad en situaciones no críticas. Consiste en una banda continua, flexible, que pasa sobre rodillos y es impulsada a través de rodillos de potencia. Pueden transportar una amplia variedad de materiales.

1.4.2 Hydrapulper

En este equipo se trituran los cartones y papeles usados, mezclados previamente con agua en una proporción inicial de 95% de agua y 5% de papel. Los tipos de pulpers más usados en la industria celulósica son: el delta, el hélico y el pulper con rotor tipo G. Las diferencias entre estos equipos radica principalmente en el tipo de materia prima a emplear, por ejemplo el hélico trabaja fundamentalmente con celulosa virgen, mientras que los otros dos tipos mencionados, utilizan pasta kraft de fibra corta y larga, roturas y corte, papelote (mezclas, OCC). Otro elemento que los difiere es la consistencia de trabajo, ya que en el pulper hélico este indicador asciende hasta un 15%, mientras que en el delta y el pulper tipo G, este parámetro de consistencia oscila entre un 3 y 9% respectivamente.

De los equipos descritos anteriormente, los pulpers delta resultan ser los más usados en la sección de desfibrado y pasta en los procesos de producción de moldeados de celulosa. Están constituidos por una cuba cilíndrica equipada con un deflector delta; por un rotor especial que tiene los álabes dispuestos de tal forma que se consigue una acción eficaz de desintegración y bombeo; y por una chapa tamiz de extracción. La cuba tiene un fondo cónico de manera que la pasta impulsada por el rotor circula suavemente por las paredes de la cuba. La chapa tamiz perforada está equipada con barras rompedoras que crean una turbulencia y fluidez en la pasta. Todo esto hace posible trabajar a una consistencia alta y aumentar la eficacia en el desfibrado. Este equipo es uno de los más avanzados entre los pulpers de baja y media consistencia (Götttsching & Pakarinien, 1999).

1.4.3 Separadores de impurezas y depuradores presurizados

La función que realizan los equipos que se relacionan a continuación, es someter la pasta a sucesivas fases de limpieza y depuración para la eliminación de cualquier clase de cuerpos extraños, con el fin de obtener una pasta fina y limpia.

- Uniscreen

Este clasificador extrae contaminantes muy eficazmente en consistencias comprendidas entre 2-3,5 % con un bajo caudal de pasta en el rechazo. Trabaja muy estable sin atascos y puede ser equipado con tamices perforados o rasurados. (Venditti, 2010)

- Multinet



Clasificador doble con una primera cámara con rejilla perforada donde se realiza una clasificación preliminar así como un ligero despastillado y a continuación una segunda cámara equipada con un tamiz de ranuras donde se realiza una clasificación final.

Consistencia de entrada hasta un 4% y de salida hasta un 3%. Simplifica los circuitos de pasta y es muy económico energéticamente (Catálogo pastas, 2010)

- Depuradores Presurizados (VALMET., 1996)
- Depurador con Doble Separación (Mendoza., 1995)

1.4.4 Hidrociclones

Los hidrociclones más utilizados en el proceso de moldeado se muestran a continuación:

- Heavycyclon

Depurador de pasta espesa de alta eficacia para separar metales, piedras, arenas gruesas. Situado generalmente al principio del circuito de pastas, protege las guarniciones de despastilladores y refinados, así como los tamices de los clasificadores ahorrando costos en repuestos. Posibilidad de trabajo entre consistencias de 1,5% a 5% (Catálogo pastas, 2010).

- Hidrociclón de alta consistencia HC CLEANER (VALMET, 1996).

1.5 Generalidades sobre la gestión tecnológica

La gestión tecnológica(en lo adelante GT) en organizaciones industriales, es la gerencia proactiva y sistemática de todos los factores, acciones y herramientas asociadas con la adquisición o generación de un nuevo conocimiento en la empresa desde el momento inicial de concepción de un proyecto hasta la optimización del producto en el mercado, lo que desde luego incluye las necesarias transformaciones tecnológicas, que será necesario considerar en la vida productiva de una instalación que estará sometida a cambios en el entorno, tanto desde el punto de vista de la calidad y costo de las materias primas, así como las exigencias de la sociedad en lo social, ambiental y de calidad de los productos entre otros factores.

El objetivo de la evaluación de las tecnologías es llegar a conocer a fondo las tecnologías de la empresa y cita como herramientas para llevar a cabo la evaluación de la tecnología, la matriz de riesgo tecnológico, las matrices de posición tecnológica de la empresa/posición competitiva de la empresa, el árbol tecnológico dual, y la matriz de atractivo tecnológico/posición tecnológica de la empresa (Benavides V, 2003).

Con la incorporación de procedimientos de evaluación de la tecnología como una herramienta más en esta etapa del proceso de dirección estratégica de la tecnología (DET) se consolida el conocimiento acerca del estado de la tecnología y se definen los



objetivos de intensificación del proceso contribuyendo con ello al análisis de la competitividad y el potencial de la tecnología.

(Muñiz & Valdivia, 2007) citado por (Ochoa & Mario, 2007) apunta que la gestión tecnológica es el instrumento que vincula el sector productivo y de la investigación en el desarrollo del proceso de innovación tecnológica, la cual requiere de una preparación conceptual y ejecutiva y se realiza para apoyar los procesos de innovación.

De las definiciones aportada por los autores anteriormente señalados, se desprende el hecho de que la GT surge y se desarrolla en el seno de las empresas y que su objetivo fundamental es el logro de una mejor vinculación investigación-industria-sociedad.

Entre las actividades de la GT según (García, 1990), se encuentran la identificación, evaluación y selección de tecnologías y la adaptación e innovación tecnológica. En la planeación tecnológica son claves la prospectiva tecnológica y los diagnósticos (internos y externos), donde los diagnósticos internos mostrarán la situación interna que relaciona la tecnología con aspectos de calidad, productos, costos; cómo están los productos, equipos, materiales y procesos frente al estado del arte mundial, los cuellos de botella en la empresa en relación con equipos y procesos y las amenazas y oportunidades que pueden surgir, sin olvidar que el diagnóstico tecnológico incluye las tecnologías blandas, cada vez más imbricadas.

1.5.1 Consideraciones sobre la vigilancia tecnológica (VT)

A nivel internacional las compañías líderes en el mercado de las tecnologías y de los servicios acometen acciones sistemáticas de vigilancia tecnológica y de benchmarking. Por lo que la industria cubana no puede estar ajena a estas tendencias.

La vigilancia es el esfuerzo sistemático y organizado por la empresa de observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de información sobre los hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial, relevantes para la misma por poder implicar una oportunidad u amenaza para ésta. Requiere una actitud de atención o alerta individual. De la suma organizada de estas actitudes resulta la función de vigilancia en la empresa. La VT filtra, interpreta y valoriza la información para permitir a sus usuarios decidir y actuar más eficazmente. Además, posibilita el desarrollo y ejercicio de la función de inteligencia al velar por la adecuada y precisa difusión y comunicación de la información dentro de la empresa. De forma similar si una empresa desarrolla un nuevo producto o proceso de producción, el país en el que reside la empresa tendrá una ventaja competitiva, se crea una brecha tecnológica, hasta que el producto haya sido copiado (imitado) por el extranjero. Durante un tiempo el país innovador tendrá un monopolio y los



otros países deberán importar el bien o la nueva tecnología, creándose de este modo comercio.

La VT es una de las funciones que, siguiendo a (Palop & Vicente, 1999) requiere la gestión de la tecnología. Los autores la relacionan con la anticipación que proporciona y el grado de libertad que permite a la gestión. Está estrechamente unida a la gestión de la innovación y a la estrategia de la empresa. Sin la existencia de una previa reflexión estratégica difícilmente cabe plantearse un esfuerzo de articulación de la vigilancia. Esta se proyecta sobre la toma de decisiones empresarial alertando sobre posibles riesgos.

(COTEC, 1997) define la VT como un proceso organizado, selectivo y permanente de captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios.

Algunos autores como (Werner & Degoul, 1995) estiman entre un 20% y un 30% el número de programas de investigación que pueden desarrollarse con éxito por una empresa como consecuencia de una VT bien organizada. Los análisis empíricos coinciden en que la vigilancia mejora la competitividad de la empresa por su impacto sobre tres factores: calidad del producto en relación con el de la competencia, conocimiento del mercado y planificación estratégica. También se ha apreciado su efecto positivo sobre la asunción de la cultura de la empresa y su capacidad de fertilización de los programas de investigación y los proyectos de desarrollo.

1.6 Conceptualización y objetivos de la evaluación de tecnologías

En Cuba se han confrontado problemas asociados a la transferencia tecnológica atribuible en un alto grado a una insuficiente información tecnológica previa y a la recepción y aplicación de las tecnologías, sin una utilización consecuente de las herramientas ingenieriles, las que integradas en un procedimiento, hagan posible realizar la evaluación de la tecnología.

Según la (FAO, 1996), la supervisión de la adopción o adaptación de tecnologías es una parte íntegra del sistema de transferencia de la tecnología. Por consiguiente, la evaluación de tecnología (ET) debe preceder y suceder a la transferencia, reafirmando que estos son procesos complementarios. Al mismo tiempo define la ET como un método comprensivo para examinar el impacto real o potencial de las aplicaciones de la tecnología en ciertos problemas de la sustentabilidad, es decir, se refieren a determinar la mejor opción tecnológica para un desarrollo sustentable.



Solo es posible obtener una medición real de los resultados técnicos y económicos de la transferencia mediante una evaluación “activa” de la tecnología por la entidad receptora, por ejemplo, en el análisis de post inversión referido en la (*Resolución 91. “Indicaciones para el proceso inversionista”*, 2006) y en etapas tempranas de asimilación o apropiación de la tecnología.

(Bosch & Debarbieri, 2000) considera a la evaluación eficaz de la tecnología como una de las estrategias de implantación de la tecnología, estableciendo que para transferir una tecnología debe tenerse presente la selección de la misma mediante estudios internos y externos así como la negociación de la compra que incluye la evaluación y estructura del contrato, en la selección debe identificarse a los proveedores, evaluar la capacidad de adaptación y de asimilación.

Hacia finales de los 80 se introdujo el concepto de “Evaluación Constructiva de Tecnologías” (ECT). La idea básica de la ECT según (Moñux C, 2000) es que la ET no puede centrarse únicamente en efectos externos como la evaluación de impactos, sino que debe orientarse también hacia el propio desarrollo interno de la tecnología.

Los términos de ET según el (Diccionario Conceptual, 2000), se refieren a la evaluación, previa a la innovación, de las múltiples implicaciones de un desarrollo tecnológico, más allá de la mera determinación de la factibilidad técnica y la rentabilidad, de modo que se maximice el bien común y se minimicen los riesgos públicos.

De acuerdo con (Argonne-National-Laboratory, 2000) la ET es un proceso para analizar las varias opciones de tecnologías existentes y/o nuevas para así determinar la mejor aplicación de estas tecnologías a una situación particular.

Sin embargo, (Armesto, 1999) reduce el concepto de ET al hecho de adquirir una tecnología cuyos productos tengan un buen potencial de crecimiento y que ofrezcan perspectivas para márgenes de ganancia superiores a la media.

De acuerdo a (Tulbure, 2002) la ET es para los ingenieros, una herramienta para hacer más operativo el concepto ideal de desarrollo sustentable. Define que la ET significa el proceso metodológico, sistemático y organizado de análisis de una tecnología y sus posibilidades de desarrollo.

Según (NASA, 2006), la ET se realiza con el objetivo de identificar necesidades para invertir en desarrollo tecnológico, donde los objetivos de este proceso es identificar tecnologías y priorizar inversiones a corto y largo plazo. El resultado de la ET es un plan de inversión.



Varias de las concepciones expuestas sobre la ET, muestran una tendencia hacia la evaluación del potencial comercial de la tecnología, a la previsión de los desarrollos futuros de una región y a las consecuencias o efectos potenciales del uso de una tecnología, una vez que es generada para ser implementada por el receptor de dicha tecnología, más que a la evaluación de los resultados tecnológicos, económicos, ambientales y sociales al ser implementada por el receptor de la tecnología. En la generalidad de los casos el concepto de ET tiene el enfoque del suministrador de la tecnología.

1.6.1 Análisis de los estudios, procedimientos y metodologías para la ET

Generalmente, existe coincidencia entre las instituciones y autores dedicados al tema de la ET en cuanto a los pasos o fases que constituyen un estudio de evaluación tecnológica. La diferencia entre las metodologías estriba en la inclusión o no de algunos de los pasos y la similitud radica en el paso relacionado con la evaluación propiamente dicha. Este paso es denominado indistintamente análisis y evaluación de consecuencias, evaluación de impactos, análisis de impactos, análisis de efectos, juicio de expertos, entre los más conocidos. Es precisamente aquí donde intervienen los métodos de análisis o evaluación (Hernández-Touset, González, & García, 2009).

Las metodologías de evaluación tecnológica utilizadas por (Argonne-National-Laboratory, 2000), frecuentemente incluyen técnicas que miden los impactos de una nueva tecnología en todos los componentes del sistema en la cual esta reside.

En (Sanmartín, 1993) se establece que los pasos genéricamente admitidos en un proceso de evaluación tecnológica son: la identificación de impactos, el análisis de impactos, donde se aplican las técnicas de análisis Delphi (opinión de expertos), modelos de simulación, análisis costo/beneficio, y el análisis de gestión, donde la evaluación del impacto ambiental no es más que una evaluación tecnológica restringida a uno de sus impactos.

(EvaluTech, 2000) realiza servicios de evaluación tecnológica que incluyen opiniones de expertos sobre el diseño y posibilidades de fabricación antes de invertir, eliminar la incertidumbre de la probabilidad de éxito de una nueva tecnología, mejoramiento de una tecnología existente para la reducción de costo o cambio de mercado y evaluaciones válidas e imparciales de las estrategias de desarrollo de productos, precio, ventas o mercado de los competidores.

En cuanto a la evaluación y selección de tecnologías la (ONUDI, 2006) señala que se necesita una metodología para identificar y valorar la tecnología para su aceptabilidad,



principalmente por países en desarrollo, teniendo en cuenta que el traslado de tecnología a un ambiente diferente del que se desarrolló implica riesgos y apunta que las metodologías para evaluar tecnologías son empíricas y por consiguiente, se pueden considerar factores subjetivos en el ejercicio de la evaluación, donde la aptitud y los riesgos técnicos y económicos se utilizan como parámetros claves para evaluar si la tecnología será adecuada en el ambiente del país receptor; donde el análisis de los riesgos incluye la identificación y análisis de lo que pudiera denominarse factores ocultos en la industria o en la tecnología.

En correspondencia con las consultas a las metodologías reportadas anteriormente por estas instituciones y por otro gran número que se dedican a los estudios de ET, se puede afirmar que las estrategias van dirigidas a evaluar los impactos potenciales y probabilidades de éxito de las tecnologías, tanto por los suministradores como por los receptores, pero es insuficiente la información al alcance de estos últimos, en cuanto a estrategias que permitan definir el estado en que se encuentra la gestión tecnológica y a métodos o procedimientos particulares que se puedan aplicar a diversas instalaciones y que permitan definir medidas correctivas para pasar de un estado a otro superior en la asimilación tecnológica.

En los estudios realizados por (Hernández & González, 2004) en varias plantas de fabricación de papel y de fraccionamiento de aire de la región central del país que han operado ineficientemente desde la puesta en marcha, se definen los aspectos tecnológicos a considerar en la evaluación, se aplican métodos para el control de la operación de procesos y se determinan las pérdidas materiales y financieras condicionadas por una insuficiente evaluación de las tecnologías en etapas tempranas de la operación de las plantas. En estos trabajos se aplica un procedimiento de evaluación tecnológica, cuyos resultados contribuyen a definir con mayor precisión los objetivos de intensificación de dichos procesos.

En este sentido se toma como base para el estudio la metodología propuesta por estos autores y se adopta al proyecto inversionista de planta de moldeados de celulosa, que se prevé instalar en el antiguo combinado de papeles blancos Panchito Gómez Toro de Jatibonico.

1.7 Lógica difusa y lógica difusa compensatoria en la modelación de las decisiones

La lógica difusa es un sistema multivalente utilizado en la modelación de problemas donde se necesite manejar información vaga o de difícil especificación. La misma fue



investigada, por primera vez, a mediados de los años sesenta en la Universidad de Berkeley (California) por el ingeniero Lofti Asker Zadeh. Introdujo entonces el concepto de conjunto difuso, bajo el que reside la idea de que los elementos sobre los que se construye el pensamiento humano no son números, sino etiquetas lingüísticas. La lógica difusa permite representar el conocimiento común, mayormente del tipo lingüístico cualitativo y no necesariamente cuantitativo, en un lenguaje matemático a través de la teoría de conjuntos difusos y funciones características asociadas a ellos.

La principal ventaja de un enfoque de representación del conocimiento preferencial basado en lógica difusa, sería justamente la oportunidad de utilizar el lenguaje como elemento de comunicación y modelación en el análisis de la decisión, creando un modelo explícito del conocimiento preferencial; y posteriormente utilizar la capacidad de inferencia de la plataforma lógica para proponer decisiones que reflejen mejor la política de decisión del agente humano (Espín Andrade, 2009).

Dos características presentes en todos los sistemas multivalentes estudiados, en el marco de la lógica difusa, que asumen la estructura axiomática de norma y co-norma (Hajek, 1998) dificultan principalmente el uso de los enfoques lógicos en la modelación de la decisión:

1. la propiedad asociativa de los operadores conjunción y disyunción utilizados, y
2. la ausencia total de compensación de los valores de verdad de los predicados básicos, cuando se calcula la veracidad de los predicados compuestos haciendo uso de los operadores.

Los elementos explicados por (Espín Andrade, 2009), sugieren que para su aplicación a la toma de decisiones, es deseable la creación de sistemas lógicos multivalentes no asociativos, y que faciliten la compensación de los valores de verdad de unos predicados básicos con otros. La lógica difusa compensatoria es una variante de la lógica difusa que supera las dificultades anteriores. Su comportamiento axiomático hace factible su utilización en la toma de decisiones y en el descubrimiento de conocimiento (**Anexo 2**). Por ello esta se propone como un enfoque lógico de la decisión, que une la modelación de la decisión y el razonamiento.

1.7.1 Operadores difusos

En la lógica de predicados las relaciones se modelan a través de conectivos lógicos del lenguaje como “y” (\wedge), “o” (\vee), “no” (\neg), “si... entonces” (\rightarrow).

En el caso de la lógica difusa, existen operadores que definen expresiones matemáticas que permiten cuantificar las operaciones realizadas con estos conectivos cuando los

valores de verdad de los predicados que relacionan son difusos (**Anexo 3**). Esto es lo que hace posible calcular el valor de verdad de un predicado difuso para un elemento dado.

1.7.2 Funciones de pertenencia

Las funciones de pertenencia se nombran usualmente como $\mu(X)$ o $M(X)$. Hay ciertas funciones típicas que siempre se suelen usar (**Anexo 4**), tanto por la facilidad de computación que su uso conlleva, como por su estructura lógica para definir su valor lingüístico asociado (Ross, 1995).

Aunque las funciones de pertenencia pueden tener cualquier forma, generalmente y por razones prácticas, se suelen definir analíticamente, de manera que sólo sea necesario especificar el valor de algunos parámetros para determinar la función (Ross, 1995). Algunas de las formas más utilizadas son funciones triangulares, trapezoidales, gaussianas o sigmoideas, como muestra la siguiente.

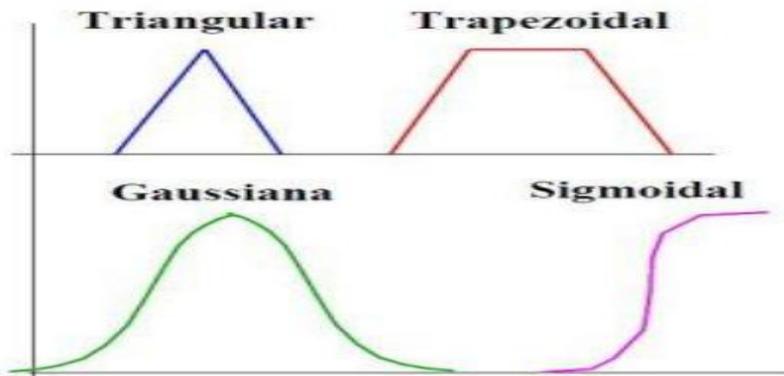


Figura 1.1 Funciones de pertenencia típicas. Fuente: (Dubois & Prade, 1985).

La definición exacta de las funciones de pertenencia depende del concepto a definir, del contexto al que se refiera, de la aplicación; es por ello que debe ser definida por un experto en ese dominio de conocimiento. En general es preferible usar funciones simples, debido a que simplifican muchos cálculos y no pierden exactitud. Pero existen autores como (Dubois & Prade, 1985), que recomiendan el uso de funciones de pertenencia sigmoideas para funciones crecientes o decrecientes. Los parámetros de estas funciones quedan determinados fijando dos valores. El primero de ellos es el valor a partir del cual se considera que la afirmación contenida en el predicado es más cierta que falsa, por ejemplo, pudiera establecerse a partir de 0.5. El segundo es el valor para el cual el dato hace casi inaceptable la afirmación correspondiente, por ejemplo pudiera establecerse a partir de 0.1.

1.7.3 Árboles difusos

Los árboles difusos son una herramienta que permiten representar gráficamente predicados difusos y evaluarlos en función de un juego de datos determinado. Contienen tres tipos de elementos: los nodos internos, los nodos hoja (aquellos de los cuales no depende ningún otro nodo) y los arcos que los conectan.

En esta representación, los objetos de los predicados difusos se visualizan como nodos hoja y las relaciones como nodos internos. En el siguiente gráfico puede observarse un ejemplo de árbol difuso, donde las relaciones son los nodos más oscuros y los objetos los más claros.

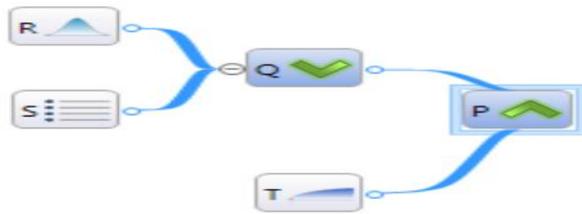


Figura 1.2 Ejemplo de árbol difuso. Fuente: *Fuzzy Tree Studio*.

1.7.4 Predicados de la lógica difusa

Lógica de predicados. La comunicación humana se basa en el lenguaje, el cual se conforma de frases de tipo interrogativo, imperativo y declarativo. Estas últimas constituyen el elemento básico de descripción del conocimiento y el objeto de análisis de la lógica, a través del estudio de métodos de formalización.

Para esos métodos, existen dos niveles de abstracción: la lógica proposicional y la lógica de predicados.

La lógica proposicional se basa en frases declarativas simples o proposiciones, que son aquellos elementos de una frase que constituyen por sí solos una unidad de comunicación de conocimientos y pueden ser considerados verdaderos o falsos.

Por otra parte, la lógica de predicados estudia las frases declarativas con un mayor nivel de detalle, considerando la estructura interna de las proposiciones. Toma como componentes básicos a los objetos y a las relaciones entre éstos. Los objetos pueden ser personas, elementos físicos o conceptos. Las relaciones se modelan a través de los operadores anteriormente abordados.

Predicados clásicos: Un predicado clásico es aquél que al aplicarlo a los elementos de un universo, lo divide en dos subconjuntos: el de los elementos que verifican dicho predicado y el de los que no lo verifican.



Predicados difusos: Un predicado difuso es aquél que opera sobre conjuntos difusos por lo cual, al aplicarlo a los elementos de un universo, no lo divide perfectamente en dos subconjuntos (el de los que cumplen dicho predicado y el de los que no).

Conclusiones Parciales

1. Los estudios de vigilancia tecnológica han permitido adquirir y procesar información acerca de las tecnologías de preparación de pasta de papel reciclado y como resultado fortalecer el proceso de toma de decisiones.
2. La estrategia de evaluación tecnológica incorporada en la etapa inicial del análisis de procesos de moldeados de celulosa y validada en otras industrias cubanas, puede ser modificada y aplicada en la industria del papel.
3. En la literatura consultada existe una gran variedad de metodologías para desarrollar una estrategia de evaluación tecnológica, siendo de gran utilidad la reportada por autores nacionales, mediante la cual se puede medir el impacto técnico y económico que tendrá el proyecto inversionista de la nueva planta de producción de moldeados de celulosa e identificar las deficiencias asociadas con la tecnología a implementar.
4. La lógica difusa es un sistema que permite evaluar de forma global aspectos tanto subjetivos, como técnicos y económicos, puesto que utiliza el lenguaje como elemento de comunicación y modelación en el análisis de la decisión, y posteriormente utiliza la capacidad de inferencia de la plataforma lógica para proponer decisiones que reflejen mejor la política de decisión de las personas.

Capítulo II. Estrategia para la evaluación tecnológica

2.1 Introducción

Diversos aspectos de índole metodológicos, abordados en el capítulo anterior, constituyen la esencia del desarrollo de una estrategia para la evaluación tecnológica en plantas moldeadas de celulosa.

En el presente capítulo se toma como base la estrategia de evaluación tecnológica propuesta por (Hernández-Touset et al., 2009) y se modifica en correspondencia con las condiciones de la entidad objeto de estudio.

2.2 Descripción de la estrategia para evaluar tecnológicamente una inversión

En la figura 2.1 se muestra el diagrama heurístico que soporta la estrategia propuesta, el mismo está compuesto por doce pasos y entre las principales modificaciones que fueron oportunas realizarle, se encuentra la modelación y simulación del proceso propiamente del moldeado de celulosa, así como la aplicación de un indicador multi-criterio, basado en el uso de la lógica difusa compensatoria, que engloba variables relativas a los costos operacionales, balance de materiales, capacidad productiva y los resultados de los indicadores relativos a la gestión de proyectos (PRD, VAN, TIR). El indicador antes mencionado permite evaluar de manera conjunta aspectos subjetivos, técnicos y económicos, en la selección de la tecnología, por lo cual se considera un aporte de la presente investigación.

2.2.1 Paso 1: Preparación

Este paso constituye el primero de la estrategia y se divide en tres partes: el establecimiento de los compromisos de la organización, la conformación del equipo de trabajo y la preparación del personal para afrontar el cambio.

2.2.1.1 Establecimiento de los compromisos de la organización

Esta etapa está encaminada a conseguir el necesario grado de entendimiento y compromiso entre: el personal involucrado en el proceso de toma de decisiones a todos los niveles de la organización, el personal encargado de desarrollar, administrar y mantener los equipos y sistemas auxiliares que dan soporte a este proceso y el personal encargado de efectuar el estudio. De manera general deben quedar establecidos los puntos siguientes:

1. Identificar y asignar las prioridades a los objetivos planteados en base a las necesidades de la organización.

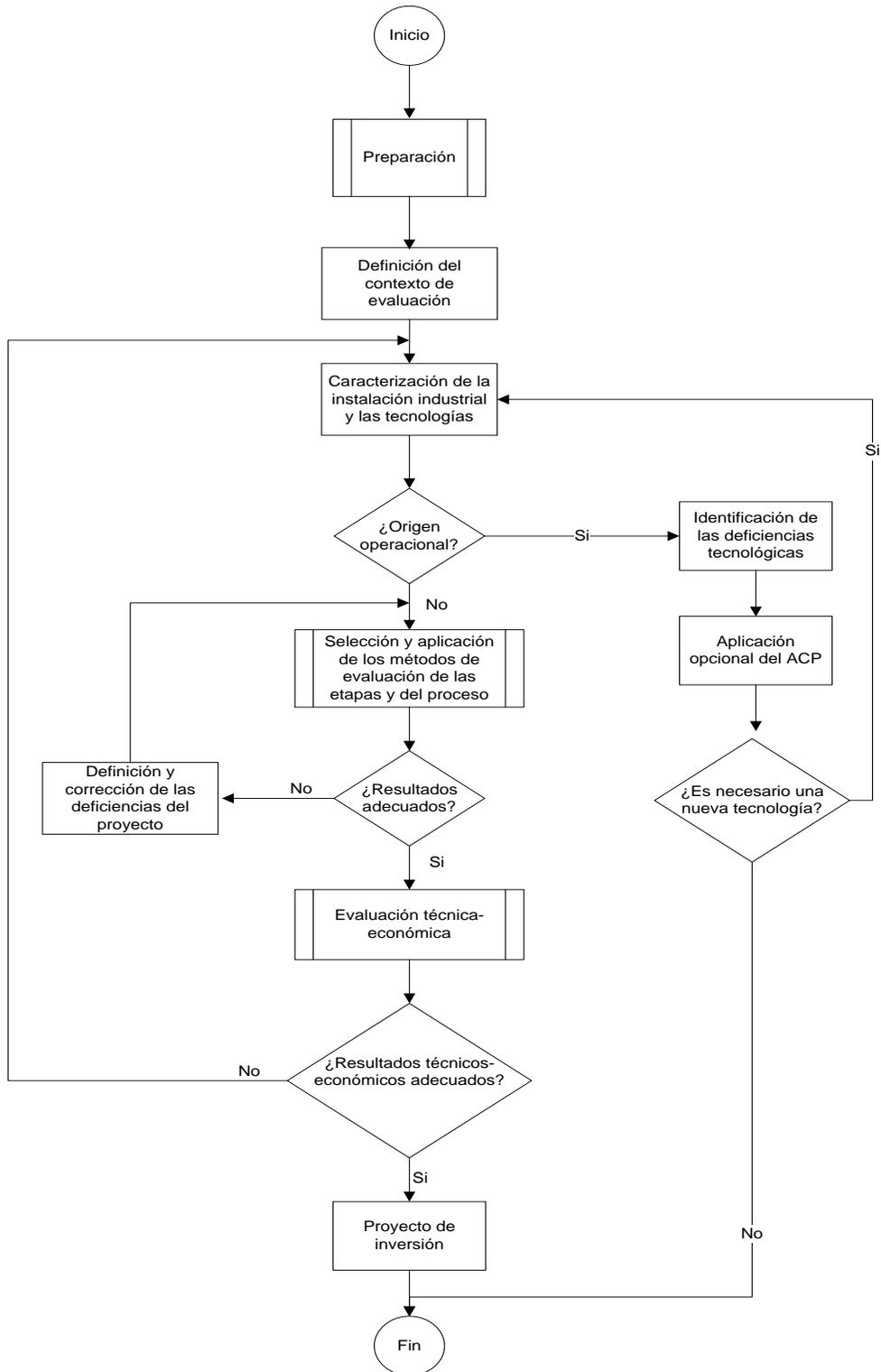


Figura 2.1 Estrategia para la evaluación tecnológica en plantas de moldeados de celulosa



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

2. ¿Cómo van a participar en el estudio cada una de las personas involucradas a partir del rol que cada una de ellas tenga dentro de la organización?
3. Compromiso de cada una de las personas implicadas de brindar la información necesaria.
4. Cronograma de reportes de progreso en los consejos de dirección.

2.2.1.2 Conformación del equipo de trabajo

Se parte de conformar un equipo de trabajo que tendrá como principal función guiar y supervisar el correcto desarrollo del proyecto de planta de moldeados de celulosa propuesto. El equipo podrá estar conformado por personal interno de la organización o mixto, en dependencia de las particularidades de la institución. Este paso debe culminar con la selección de un responsable del equipo por la entidad que conducirá el proceso. Dicho responsable debe tener características de líder en la institución, de esto depende en gran medida el éxito de las transformaciones organizacionales que puedan surgir en el diseño y desarrollo del proyecto. Cualquiera de las variantes seleccionadas por la alta dirección debe estar condicionada a lograr en el equipo, una composición multidisciplinaria, experiencia y potencialidades para ejecutar este proceso. Teniendo en cuenta las características del procedimiento y lo planteado por (Luján García, 2007), se deben considerar otros elementos en la selección de equipo de trabajo, como son:

1. No más de siete personas (para asegurar en mayor medida la participación de los mismos en las reuniones).
2. Parte de sus miembros deben ser del consejo de dirección.
3. Equipo multi-disciplinario (referido a la experiencia por área de trabajo de la institución, este elemento garantiza que los problemas sean atacados desde diferentes puntos de vista).
4. Entre los miembros del equipo deben existir personas que dominen las siguientes áreas del conocimiento (al menos una persona por área): gestión de proyectos, evaluación de tecnologías, proceso productivo de moldeados de celulosa, balances de materiales y de energía mecánica, modelación y simulación de procesos utilizando el software TIBCO Business Studio y por último conocimientos básicos del uso de operadores de lógica difusa.



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

2.2.1.3 Preparación del personal

Para lograr que el personal se apropie de la cultura que puede imponer la aplicación de esta moderna línea de fabricación de moldeados de celulosa, es necesario comenzar con una etapa preparatoria que consiste en la creación de las condiciones y sobre todo, el establecimiento de los compromisos del equipo de dirección de la propia organización que participará directamente en el proceso.

Actividades a realizar:

- Realizar un seminario con los directivos de la organización y posteriormente con las personas que van a estar implicadas en el desarrollo del proyecto inversionista, sobre cada uno de los temas mencionados en el cuarto punto del epígrafe anterior.
- El suministrador de la tecnología se obliga por contrato a prestar la asistencia técnica necesaria para el correcto funcionamiento de la planta. Dentro de la asistencia técnica se incluye la supervisión y capacitación, según las obligaciones y especificaciones establecidas.

2.2.2 Paso 2: Definición del contexto de la evaluación

La definición del contexto de evaluación se enmarca en el área donde se aplica la estrategia para evaluar la tecnología, desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y social. Puede ser un equipo, una sección del proceso, un sistema auxiliar o la planta en su totalidad. Específicamente, consta de una de las dos etapas que a continuación se mencionan

- Evaluación parcial: secciones, sistemas, líneas y equipos
- Evaluación total: fábrica, planta y taller

2.2.3 Paso 3: Caracterización de la instalación industrial y las tecnologías propuestas a implementar

Este es un paso que incluye varias tareas, y se corresponde con la fase de diagnóstico de la estrategia. En el mismo se confirman los resultados de la caracterización de la instalación y de la tecnología, por medio de la obtención, análisis y procesamiento de la información proveniente de:

- a) Documentación técnica: proyecto técnico de tecnología, proyecto mecánico, proyecto civil, carta tecnológica.
- b) Especificaciones técnicas de los equipos del proceso y sistemas auxiliares.
Incluye:



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

- Consumos de materias primas, productos auxiliares, servicios.
 - Variables de operación: flujos de materia prima, agua, concentraciones, temperatura, presión.
 - Eficiencia o rendimiento del proceso.
- c) Costos de producción, ganancia y rentabilidad
 - d) Literatura, patentes, bases de datos, ofertas de tecnologías y equipos.
 - e) Particularidades del mecanismo de transferencia tecnológica.
 - f) Estudios e investigaciones en la industria.
 - g) Consulta a expertos y personal de la fábrica.

2.2.4 Paso 4: Definir origen de las deficiencias asociadas a las tecnologías

En este paso se establece si las deficiencias son de origen operacional o asociadas al proceso de transferencia y a la propia tecnología, en caso de ser de origen operacional se identifican y se continúa con la aplicación del ACP, de lo contrario se procede a la selección y aplicación de los métodos de evaluación de las etapas y del proceso, correspondiente al paso siete de la estrategia propuesta.

2.2.5 Paso 5: Identificación de las deficiencias tecnológicas

El objetivo de este paso es identificar las principales deficiencias tecnológicas con que cuenta la organización. Estas deficiencias pueden estar dadas, por el mal funcionamiento de las tecnologías instaladas o por la inexistencia de las mismas.

Para identificar las deficiencias de las tecnologías que se encuentran en funcionamiento se debe confrontar los parámetros de operación definidos por la documentación de diseño, con los reportes de operación y la localización de modificaciones realizadas desde su puesta en marcha.

Estos aspectos, a la vez permiten definir aquellas deficiencias que están asociadas a la tecnología, y por tanto, no son de índole operacional. Las deficiencias operacionales se pueden identificar, superar y mejorar, mediante el análisis de la documentación que rige la operación y/o la aplicación de métodos para la gestión de procesos de negocio (modelación y simulación). Otra de las soluciones para estos problemas es realizar un análisis complejo de procesos como se menciona en el paso cinco de la presente estrategia.

En el caso de que sea necesario comprar una nueva tecnología, es importante identificar las particularidades del mecanismo de transferencia que se utilizará, entre los principales elementos a tener en cuenta se enumeran los siguientes: requerimientos técnicos para su instalación, tecnologías adyacentes que sean necesarias adquirir para soportar su



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

correcto funcionamiento, capacitación del personal encargado de operar la tecnología y por último es necesario realizar un análisis sistema - mantenimiento que facilite determinar los insumos necesarios para realizar el mismo.

2.2.6 Paso 6: Aplicación opcional del Análisis Complejo de Procesos (ACP)

La aplicación del ACP está condicionada a la identificación de deficiencias relativas a los métodos de trabajo en el proceso.

Según (González, 1991) , las direcciones principales de acción del (ACP) están en la elevación de la disponibilidad, y con ello el crecimiento de las capacidades de las plantas, el ahorro de trabajo, la reducción del consumo de materias primas, productos auxiliares y portadores energéticos y recomienda la aplicación del ACP hacia la disponibilidad y calidad de las materias primas y los portadores energéticos, la calidad de los productos, la disponibilidad de la instalación y el mejoramiento de los aspectos vinculados a la contaminación ambiental.

2.2.7 Paso 7: Determinar la necesidad de adquirir una nueva tecnología

Una vez aplicado el ACP se establece la interrogante de si sería necesaria la inclusión de una nueva tecnología. Si los resultados de este método arriban a que la tecnología propuesta no es la correcta a implementar, debido a factores tanto técnicos como ambientales, se regresa al paso dos de la estrategia y se comienza el análisis con la nueva variante tecnológica escogida como caso de estudio. En caso contrario se da por terminada la estrategia de selección de tecnologías.

2.2.8 Paso 8: Selección y aplicación de los métodos de evaluación de las etapas y del proceso

Este paso se divide en tres elementos: evaluación tecnológica ambiental, evaluación de equipos y sistemas auxiliares y evaluación del proceso, en cada uno de los cuales, la evaluación se puede efectuar con datos del proyecto o de operación, de acuerdo a la disponibilidad de información.

2.2.8.1 Evaluación tecnológica ambiental (ETA)

Teniendo en cuenta que la evaluación del impacto ambiental es un elemento de consideración en todo proceso químico – tecnológico, en la estrategia propuesta se consideran los impactos que se pudieran presentar como resultado de la construcción y operación de la instalación, donde se evalúan las posibles alternativas, se definen recomendaciones para disminuir o evitar los impactos en las áreas y se identifican de forma preliminar los aspectos ambientales de las nuevas instalaciones, aspectos reportados por (Salas, 2007).



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

La ETA en plantas de moldeados de celulosa debe contener el análisis de los elementos tecnológicos, que afectan la seguridad del proceso y la contaminación ambiental.

Como resultado de este paso se debe obtener una tabla con el nombre de cada tecnología y la evaluación que le de él equipo de trabajo a la misma, para ello se debe utilizar una escala continua entre 0 y 1 donde los valores que tiendan a 1 significa que la evaluación ambiental es la óptima, mientras que los valores que tiendan a 0 significa que es la peor evaluación.

2.2.8.2 Evaluación de equipos y sistemas auxiliares

La evaluación se realiza primeramente a las etapas independientes, equipos y sistemas del proceso principal y de los sistemas auxiliares, mediante el uso de los métodos más adecuados, de acuerdo con las características de los mismos. Cada resultado de la evaluación se confronta con la documentación de la planta y la literatura.

Otro aspecto a tener en cuenta en este paso es que los equipos, partes, materiales y otros componentes de la tecnología, así como la producción terminada, cumplan con los requisitos necesarios para su explotación y uso en condiciones de tropicalización.

Para que el equipamiento tecnológico suministrado cumpla con la calidad requerida durante el funcionamiento de la planta, el suministrador de la tecnología debe cumplir con los factores de tropicalización y climatización (parámetros permisibles de humedad ambiental, temperatura, protección de metales a la oxidación, voltajes, amperajes y ciclos de corriente), detallado para cada equipo y de acuerdo a los valores promedios existentes en la localidad donde se ubica la planta.

Para una adecuada evaluación de los equipos y sistemas auxiliares es necesario realizar un balance de materiales y de energía mecánica para determinar los valores de las variables involucradas en el proceso en dependencia de las tecnologías a utilizar. Para la realización de los mismos se tienen en cuenta tanto balances parciales como totales. En este caso los balances de materiales están formados por la determinación de las cantidades de agua y fibra involucradas en las diferentes corrientes que conforman la sección de preparación de pastas.

Las expresiones matemáticas y los pasos a seguir para realizar los mismos son mostrados a continuación.

Nomenclatura

P: pulpa que entra o sale a un equipo.

P₁: papel reciclado utilizado como materia prima.

P₂: pulpa desfibrada.



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

P₃: pulpa diluida.

Af: agua fresca.

Ab: agua blanca.

Sp₂: consistencia de la pulpa desfibrada.

Sp₃: consistencia de la pulpa diluida.

Sab: consistencia del agua blanca.

H: humedad del papel reciclado.

R: Rechazos.

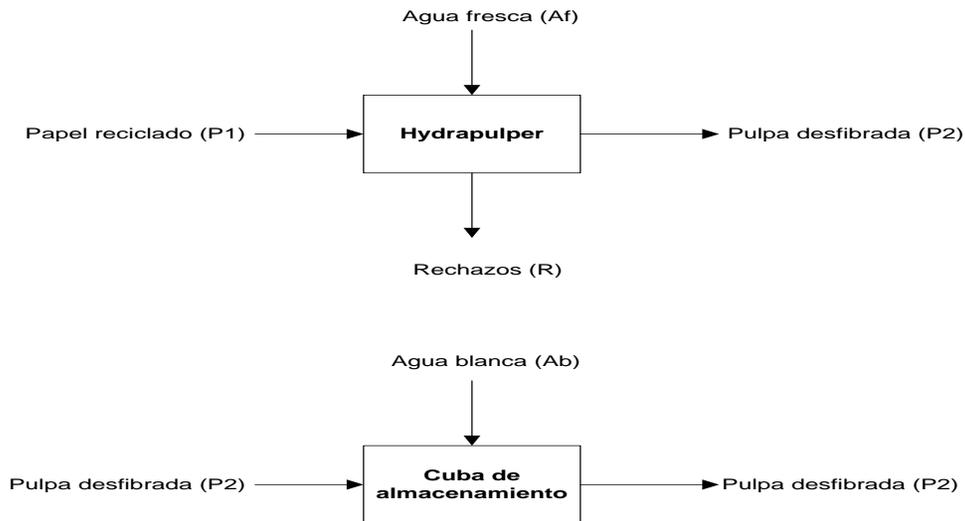


Figura 2. 2 Corrientes de entrada y salida en el hydrapulper y la cuba de almacenamiento

En las tablas 2.1 y 2.2 que se muestran a continuación se encuentran las ecuaciones y los datos de las corrientes necesarias para los balances de agua y fibra correspondientes al hydrapulper y la cuba de almacenamiento de pasta.

Tabla 2.1: Ecuaciones y datos de las corrientes de los balances de materiales en el hydrapulper.

Ecuaciones básicas	Datos de las corrientes
<p>Balance Total: $P_1 + Af = P_2 + R$</p> <p>Balance Parcial: $(1-H) * P_1 = P_2 * (Sp_2)$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad del papel reciclado (H) % • Papel reciclado (t/d) • Consistencia de la pulpa desfibrada (%)



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

Tabla 2.2: Ecuaciones y datos de las corrientes de los balances de materiales en la cuba de almacenamiento

Ecuaciones básicas	Datos de las corrientes
Balance Total: $P_2 + Ab = P_3$	<ul style="list-style-type: none">• Pulpa desfibrada (t/d)
Balance Parcial: $Sp_2 * P_2 + Ab * Sab = P_3 * Sp_3$	<ul style="list-style-type: none">• Consistencia del agua blanca (%)• Consistencia de la pulpa diluida (%)

Evaluación del sistema de bombeo

Para llevar a cabo los balances de energía mecánica se tomaron los datos de los sistemas de tuberías de cada una de las bombas, correspondientes a la oferta tecnológica dada por el fabricante de la tecnología Huhtamaki. En esta fase del estudio solo se toman los datos reportados por esta firma, dado que no se cuenta con suficiente información de las demás ofertas suministradoras. Como herramienta para realizar los balances se empleó el programa dP¹.

Como resultado de este paso se debe obtener una tabla con el nombre de cada tecnología y la evaluación que le de el equipo de trabajo a la misma, para ello se debe utilizar una escala continua entre 0 y 1 donde los valores que tiendan a 1 significa que la evaluación realizada es la óptima, mientras que los valores que tiendan a 0 significa que es la peor evaluación.

2.2.8.3 Evaluación del proceso

El principal objetivo de este paso es obtener un análisis costo-tiempo y del porcentaje de utilización de los equipos y/o personas que intervienen en el proceso en dependencia de las tecnologías que se usen en el mismo.

Para el correcto desarrollo de este paso es importante conocer una breve descripción del proceso de moldeado de celulosa de manera general, así como de las tecnologías que forman parte de cada una de las actividades que lo conforman.

La principal materia prima para desarrollar el proceso es un material fibroso compuesto por una mezcla de los papeles reciclados. Como primera operación la materia prima es transportada a un hydrapulper donde se realiza el proceso de desfibrado, se transforma el material fibroso en suspensión, para llevar la fibra a un estado individual, hidratarla,

¹Pressure Drop, Martin Koster, 2000, dPhome.tsx.org.



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

homogeneizarla y transportarla a través de las tuberías. En el propio hydropulper se le agregan los productos químicos necesarios.

Posteriormente la suspensión fibrosa es bombeada a un sistema de depuración, conformado por un ciclón cuyo objetivo es eliminar las impurezas grandes y pesadas, tales como hierros, maderas, etc., que podrían ocasionar un decremento en la calidad del producto final y sobre todo daños en los equipos. Una vez depurada la suspensión fibrosa es sometida a un tratamiento mecánico suave para desfibrar y tamizar pequeños grumos o trozos de papel a través de un equipo llamado Fibersorter.

Luego la suspensión fibrosa es enviada a un tanque intermedio desde donde se alimenta a una concentración regulada a la máquina de moldeado compuesta por dos rotores para su funcionamiento continuo.

Un tambor hexagonal aspirante con tres hileras de moldes (formador) absorbe la masa de la tina hacia los moldes, concebidos por una malla de trama fina para su desgote, produciéndose un primer proceso de secado por un vacío continuo. Cuando adquieren un estado compacto son transferidos por medio de una corriente de aire comprimido y expulsados hacia otra rueda (transferidor) que los prensa y los deposita sobre el transportador secador.

Después de cada utilización los moldes se limpian con agua a presión.

Un sistema de transporte consistente en un transportador de cadena y otros intermedios que conducen las bandejas a través del túnel de secado que funciona con aire caliente reduciendo el contenido de humedad. El aire húmedo en el túnel es aspirado por la zona inferior y parte de él se expulsa, mientras que el resto se mezcla con aire fresco, se recicla y se vuelve a calentar para ser suministrado a los quemadores de gas (GLP) destinados a calentar el aire fresco de la atmósfera que se suministra al túnel de secado.

Al final del horno las bandejas son apiladas, contadas y empaquetadas en bolsas de polietileno.

En el **Anexo 5** se muestra modelado dicho proceso, para ello se utilizó el software TIBCO Business Studio, dado que además de la modelación el mismo facilita la simulación del proceso. Para llevar a cabo el proceso de simulación y basado en el modelo de proceso antes mencionado, es necesario completar los datos que se muestran en las tablas 2.3 y 2.4 del **Anexo 6**. Es importante destacar que el éxito de este paso depende en gran medida de la calidad de las estimaciones que el equipo de trabajo realice a la hora de completar los datos que se necesitan para correr cada una de las simulaciones, la cantidad de simulaciones depende de la cantidad de tecnologías a evaluar.



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

Todas las estimaciones de tiempo de cada actividad se deben hacer en función del tiempo que se puede demorar cada actividad en procesar un lote de bandejas. Como se puede observar la mayoría de los datos que se necesitan para completar las tablas anteriormente mencionadas se pueden obtener realizando estimaciones a partir de las especificaciones técnicas de las tecnologías a utilizar. En el caso específico de los datos mostrados en la tabla 2.3 del **Anexo 6**, se pusieron los parámetros de una distribución normal puesto que no se tienen datos históricos para evaluar qué distribución probabilística sigue cada una de las actividades, no obstante si el equipo de trabajo que está desarrollando la evaluación lo considera pertinente puede cambiar el tipo de distribución y por ende los datos. En caso de que sea necesario establecer alguna premisa o constante para la estimación de los datos de cada una de las tecnologías, es importante que el equipo de trabajo sea consecuente con ello para realizar las estimaciones en todas las tecnologías, de manera que no se afecte la confiabilidad de los datos obtenidos.

Como principales salidas de este paso se obtendrán informaciones relativas del costo y tiempo del proceso. Los mismos son mencionados a continuación:

- Análisis costo - tiempo
 1. Gráfico de barras que compara los tiempos mínimos, promedios y máximo por cada una de las variantes tecnológicas.
 2. Tabla con el nombre de la tecnología, el tiempo promedio del proceso en minutos y el porcentaje de diferencia de cada tecnología con respecto a la mejor opción.
 3. Gráfico de barra que compara los costos mínimos, promedios y máximos de cada una de las variantes tecnológicas.
 4. Tabla con el nombre de la tecnología, el costo promedio del proceso en pesos y el porcentaje de diferencia de cada tecnología con respecto a la mejor opción.
 5. Gráfico de Costo vs. Tiempo con cada una de las variantes tecnológicas.

Una vez concluida la simulación el equipo de trabajo cuenta con información valiosa para analizar desde el punto de vista del proceso, cuál es la mejor opción tecnológica.

2.2.9 Paso 9: Análisis de los resultados de los métodos de evaluación de las etapas y del proceso

Si los resultados obtenidos de la evaluación resultan ser adecuados, se procede a evaluar técnico y económicamente las tecnologías, correspondiente al paso once de la estrategia. En caso contrario se definen las deficiencias asociadas al proyecto.



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

2.2.10 Paso 10: Definición y corrección de las deficiencias del proyecto

Con los resultados obtenidos en los tres elementos de evaluación, es decir, evaluación tecnológica ambiental, evaluación de equipos y sistemas auxiliares y evaluación del proceso, se definen y corrigen las deficiencias tecnológicas, se estiman las pérdidas de recursos financieros y se realiza la evaluación económica de las modificaciones propuestas como resultado de la evaluación. En un paso de toma de decisiones se puede optar por modificar el esquema tecnológico a través de un proyecto de inversión.

2.2.11 Paso 11: Evaluación técnico - económica de las tecnológicas

El principal objetivo de este paso es realizar un análisis de la rentabilidad de la inversión a partir del cálculo del período de recuperación descontado de la inversión (PRD), valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rendimiento del proyecto (TIR). En la tabla 2.7 se muestran las expresiones de cálculo de cada uno de estos indicadores así como los valores meta de cada uno de ellos.

Tabla 2.5 Indicadores para el análisis de la inversión

Indicador	Expresión matemática	Valor meta
PRD	$\sum_{i=1}^n \frac{Fmi}{(1+r)^y} - Co = 0$	Menor o igual a 10 años
VAN	$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{Fmi}{(1+r)^n} - Co$ <p>donde: C_o : Costo inicial de la inversión. F_{mi}: Flujo monetario positivo neto correspondiente al año i. r: Tipo de interés calculatorio. n: Número de años.</p>	Mayor o igual a 0
TIR	$\sum_{i=1}^n \frac{Fmi}{(1+r)^n} - Co = 0$ <p>Donde: r: tipo de rendimiento interno.</p>	Mayor o igual que la tasa de interés vigente en el banco en el momento de la evaluación, aunque es aceptable un valor mayor o igual a 7%

Estos métodos se complementan y no son excluyentes entre sí, de ahí la conveniencia que en la práctica no se aplique uno solo de ellos sino varios de manera conjunta.

Los métodos dinámicos ofrecen mayores ventajas que los estáticos pero a cambio exigen una mayor complejidad de cálculo y una mayor y más precisa información. Se considera como es habitual en la práctica que los flujos de caja son anuales y que cada uno de ellos se genera al final del año que corresponda.



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

Cuando se analizan varios proyectos será más factible aquel cuyo VAN sea más elevado y cuando analizamos un proyecto éste será factible si su VAN es positivo.

La tasa de rendimiento interna es el tipo de descuento que hace equivalente los valores actuales de los flujos netos y del costo de inversión. Se trata de hallar el valor r para el cual se cumple:

- Si $TIR >$ Tasa de descuento, es favorable hacer el proyecto.
- Si $TIR <$ Tasa de descuento, no es favorable hacer el proyecto.
- Si $TIR =$ Tasa de descuento, es indiferente.

La determinación del TIR se hace mucho más engorrosa que el cálculo de los indicadores anteriores, pues se deben buscar por tanteo las tasas de descuento a la cual el VAN se hace cero.

El mejor proyecto es el que tenga un menor valor de PRD (Chilton, 1960) y (Macías, 1992).

Como se puede observar en la tabla anterior, todos los indicadores parten del flujo de caja, es por ello que a continuación se detalla cómo se puede determinar cada uno de los costos y beneficios implicados en el análisis.

Costo Total de Inversión (CTI)

El CTI está referido al desembolso inicial que se debe realizar antes de que la planta pueda comenzar a operar, este es el costo que normalmente se pone en el año cero de las expresiones antes mencionadas. Entre los elementos que se deben tener en cuenta para la estimación de este costo se encuentran el costo del equipamiento requerido, costo de la instalación del mismo, costo del terreno donde se construirá la planta, otros costos como: tuberías de proceso, servicios, edificaciones, etc. Además, se hace necesario disponer de una cantidad de dinero para el pago de los gastos de operación iniciales. El capital requerido para garantizar las necesidades de operación y las facilidades en planta, se denomina Capital Fijo de Inversión (CFI) y el necesario para los gastos de operación iniciales Capital de Trabajo (CT). La suma del CFI y el CT, se conoce como Costo de Inversión Total (CIT). (Peters, 1991).

$CTI = \text{Capital Fijo de Inversión (CFI)} + \text{Capital de Trabajo (CT)}$

$CFI = \text{Inversión fija} + \text{Gastos previos de producción}$

Capital fijo

- La construcción y montaje está relacionada con el desmontaje del equipamiento perteneciente a una inversión paralizada existente en la nave donde se ubicará el equipamiento tecnológico principal, la demolición de cimentaciones y acarreo de su



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

material, la reparación de techos en naves existentes, acondicionamiento de fachadas, ampliación de capacidades de almacenaje, ejecución de nuevas cimentaciones tecnológicas, montaje tecnológico, entre otros.

- El equipamiento se calcula en base a la oferta dada por el suministrador de la tecnología.

En caso de que no se cuente con suficientes datos para realizar el análisis de costo beneficio, se utilizan los factores de proporción reportados por (Peters, 1991), como se muestra en las tablas siguientes.

Tabla 2.6 Estimación de los Costos Directos

Componentes	Costo (\$)
Costo del equipamiento (E)	Depende de la variante tecnológica que se esté evaluando
Instalación	39% E
Instrumentación	13% E
Instalaciones eléctricas	10% E
Tuberías	31% E
Facilidades de servicio	55% E

Fuente: Tabla 17(Peters, 1991)

Tabla 2.7 Estimación de los Costos Indirectos y otros componentes

Componentes	Costo (\$)
Ingeniería y supervisión	32% E
Otros componentes	Costo (\$)
Derecho de contrato	5% (CD + CI)
Contingencia	10% (CD + CI)

Fuente: Tabla 17 (Peters, 1991)

Costo Total de Producción (CTP)

Para la estimación del costo total de producción se pueden utilizar los factores de proporción y las ecuaciones correspondientes que se encuentran en la tabla 27 del (Peters, 1991).

CTP = Costo de fabricación (CF) + Gastos Generales (GG)

CF = Costos directos (CD) + Cargos Fijos (Cf) + Costos Indirectos (CI)



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

GG = Distribución y venta (DV) + Admón. (A) + Inves. y Des. (ID)

Tabla 2.8 Estimación de los Costos Directos

Componentes	Costo (\$)
Materia prima	Depende de la variante tecnológica que se esté evaluando
Mano de obra	10 %CTP
Supervisión	10 % Mano de obra
Requerimientos	Depende de la variante tecnológica que se esté evaluando. Los elementos a tener en cuenta son: costo de electricidad, combustible y agua
Mantenimiento y reparación	2 % CFI
Suministro	0.5 % CFI

Tabla 2.9 Estimación de los cargos fijos y costos indirectos

Componentes	Costo (\$)
Depreciación	$Depreciación = \frac{CFI - VR}{Vd}$ <p>Donde: VR: valor residual, VR=0 VD: vida útil, 15 años</p>
Impuestos	1%CFI
Seguros	0,4%CFI
Costos indirectos	Costo (\$)
Costos indirectos	5% CTP

Tabla 2.10 Determinación de los gastos generales

Componentes	Costo (\$)
Administrativos	4 % CTP
Distribución y ventas	11 %CTP



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

Componentes	Costo (\$)
Investigación y desarrollo	5 %CTP

Cálculo de la ganancia (G)

$$G = pv \times P - CTP$$

Donde:

pv: precio de venta de las bandejas de huevos

P: cantidad de productos fabricados

2.2.13 Paso 13: Proyecto de inversión

La estrategia para evaluar una inversión o un proyecto lleva implícito una serie de principios metodológicos que se explican a continuación:

1. El ámbito de aplicación de la metodología se enmarca en la fase de asimilación e innovación tecnológica.
2. La estrategia metodológica puede ser aplicada a otras tecnologías de procesos químicos, donde la etapa correspondiente a la selección y aplicación de los métodos de evaluación es particular para cada tipo de tecnología.

Una vez confrontados todos estos parámetros expuestos en la estrategia metodológica se procede a seleccionar la mejor tecnología a partir de un indicador multi-criterio basado en el uso de operadores de la lógica difusa compensatoria. Una tecnología deberá ser seleccionada si y solo si después de la aplicación de los métodos de evaluación de las etapas y del proceso se obtienen los mejores valores, tanto en la evaluación como en el análisis de los indicadores de rentabilidad del proyecto. La anterior afirmación se puede expresar utilizando lógica difusa como se muestra a continuación:

$$I_{st} = (W_{MEE} \rightarrow M_{ee}) \cap (W_{ARI} \rightarrow A_{RI}) \quad (2.13.1)$$

Donde:

I_{st} : Indicador de selección de tecnologías. Los mejores resultados estarán a partir de valores cercanos a 1.

W_{MEE} : Valor de verdad de la importancia que el equipo de trabajo le atribuye a los métodos de evaluación de etapas. En el caso de la presente investigación los valores de los niveles de importancia serán fijados por el equipo de trabajo para simplificar su cálculo. Este valor debe ser un número continuo entre 0 y 1, donde los valores que tiendan a 1 tienen una mayor importancia y los que tiendan a 0 no se les atribuye importancia. No obstante en la investigación referida por (Marín-Ortega, Espin-Andrade, & Marrx-Gómez, 2013) se muestra un procedimiento para determinar estos pesos a partir del criterio de múltiples expertos.



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

M_{ee} : Valor de verdad del método de evaluación de etapas. El mismo se calcula a partir del cumplimiento de las variables relacionadas a la evaluación tecnológica ambiental, evaluación de etapas y sistemas auxiliares y la evaluación del proceso. Para el cálculo de esta variable y basado en los elementos antes mencionados se propone la expresión 2.13.2.

W_{ARI} : Valor de verdad de la importancia que el equipo de trabajo le atribuye al análisis de rentabilidad del proyecto. Este valor lo fija el equipo de trabajo siguiendo los mismos criterios que se utilizaron para fijar el **W_{MEE}** . Es importante que como se están usando valores de verdad para fijar los pesos, la sumatoria de los mismos no necesariamente tiene que ser igual a 1.

A_{RI} : Valor de verdad del análisis de rentabilidad del proyecto. Este valor de verdad se calcula a partir del cumplimiento de los indicadores PRD, VAN y TIR. Para el cálculo de esta variable y basado en los elementos antes mencionados se propone la expresión 2.13.3.

Las expresiones antes mencionadas se detallan a continuación:

$$M_{EE} = (W_{eta} \rightarrow E_{ta}) \cap (W_{eesa} \rightarrow E_{esa}) \cap (W_{ep} \rightarrow E_p) \quad (2.13.2)$$

$$A_{RI} = (W_{PRD} \rightarrow E_{PRD}) \cap (W_{VAN} \rightarrow E_{VAN}) \cap (W_{TIR} \rightarrow E_{TIR}) \quad (2.13.3)$$

Las variables que se utilizan en la expresión 2.13.2 se detallan a continuación:

W_{eta} : Valor de verdad de la importancia que el equipo de trabajo le atribuye a la evaluación tecnológica ambiental. Para determinar este valor se siguen los mismos principios que los mencionados anteriormente para este tipo de valor.

E_{ta} : Valor de verdad de la evaluación tecnológica ambiental. Este valor se tomará a partir de la evaluación que el equipo de trabajo definió en el paso 2.2.8.1.

W_{eesa} : Valor de verdad de la importancia que el equipo de trabajo le atribuye a la evaluación de equipos y sistemas auxiliares. Para determinar este valor se siguen los mismos principios que los mencionados anteriormente para este tipo de valor.

E_{esa} : Valor de verdad de la evaluación de equipos y sistemas auxiliares. Este valor se tomará a partir de la evaluación que el equipo de trabajo definió en el paso 2.2.8.2.

W_{ep} : Valor de verdad de la importancia que el equipo de trabajo le atribuye a la evaluación del proceso. Para determinar este valor se siguen los mismos principios que los mencionados anteriormente para este tipo de valor.

E_p : Valor de verdad de la evaluación del proceso. Esta evaluación está determinada por dos variables fundamentales (tiempo del ciclo productivo y costo del ciclo productivo), como base para el cálculo de las mismas se propone utilizar los resultados de las



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

simulaciones realizadas en el paso 2.2.8.3. La expresión para el cálculo de la misma se muestra en la expresión 2.13.4.

$$E_p = (W_{ctp} \rightarrow E_{ctp}) \cap (W_{ccp} \rightarrow E_{ccp}) \quad (2.13.4)$$

Donde:

W_{ctp}: Valor de verdad de la importancia que el equipo de trabajo le atribuye a la evaluación del ciclo de tiempo productivo. Para determinar este valor se siguen los mismos principios que los mencionados anteriormente para este tipo de valor.

E_{ctp}: Valor de verdad del ciclo de tiempos productivos. Este valor se calculará a partir de una función de pertenencia sigmoideal puesto que, por consideraciones teóricas en (Dubois & Prade, 1985) se recomienda el uso de funciones de pertenencia sigmoideales para funciones crecientes o decrecientes. Los parámetros de estas funciones quedan determinados fijando dos valores. El primero de ellos es el valor a partir del cual se considera que la afirmación contenida en el predicado es cierta (gamma). El segundo es el valor para el cual el dato hace casi inaceptable la afirmación correspondiente (beta) (Ceruto Cordovés, Rosete Suárez, & Espín Andrade, 2009). La función de pertenencia sigmoideal se calcula de la manera siguiente:

$$S(x, \alpha, \gamma) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha(x-\gamma)}} \quad (2.13.5)$$

$$\alpha = \frac{\ln(0.9) - \ln(0.1)}{\gamma - \beta} \quad (2.13.6)$$

Donde:

S: Valor de verdad obtenido a partir de la función de pertenencia sigmoideal.

X: Valor que se desea fuzzyficar.

Gamma (γ): Valor aceptable. En el caso específico de la evaluación de los ciclos de tiempos productivos se utilizará el mayor valor de tiempo promedio de las tecnologías a seleccionar. Para ello se recomienda tomar como base los resultados del gráfico de barra mostrado como reporte del TIBCO Business Studio.

Beta (β): Valor casi inadmisibles: En el caso específico de este indicador se propone utilizar el máximo valor de los tiempos de todas las tecnologías a seleccionar.

W_{ccp}: Valor de verdad de la importancia que el equipo de trabajo le atribuye a la evaluación del ciclo de costos productivos. Para determinar este valor se siguen los mismos principios que los mencionados anteriormente para este tipo de valor.



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

E_{ccp}: Valor de verdad del ciclo de costos productivos. Este valor se calculará a partir de la expresión 2.13.5, tomando como base los resultados obtenidos en la simulación del proceso, específicamente en el gráfico de barra de los ciclos de tiempos productivos. Para este caso gamma será igual al mayor valor de los promedios de los costos de todas las variantes tecnológicas que se analizan, mientras que beta será igual al mayor valor del máximo costo de todas las variantes tecnológicas simuladas.

Las variables que se utilizan en la expresión 2.13.3 se detallan a continuación:

W_{PRD}: Valor de verdad de la importancia que el equipo de trabajo le atribuye al PRD. Para determinar este valor se siguen los mismos principios que los mencionados anteriormente para este tipo de valor.

E_{PRD}: Valor de verdad del PRD. Este valor se obtiene a partir de fuzzyficar el valor obtenido del PRD de la variante tecnológica. Para este caso gamma será igual al menor PRD resultado de todas las variantes tecnológicas y beta será 5.

W_{VAN}: Valor de verdad de la importancia que el equipo de trabajo le atribuye al VAN. Para determinar este valor se siguen los mismos principios que los mencionados anteriormente para este tipo de valor.

E_{VAN}: Valor de verdad del VAN. Este valor se obtiene a partir de fuzzyficar el valor obtenido del VAN de la variante tecnológica. Para este caso gamma ser igual al mayor VAN resultado de todas las variantes tecnológicas y beta será 0.

W_{TIR}: Valor de verdad de la importancia que el equipo de trabajo le atribuye al TIR. Para determinar este valor se siguen los mismos principios que los mencionados anteriormente.

E_{TIR}: Valor de verdad del TIR. Este valor se obtiene a partir de fuzzyficar el valor obtenido de la TIR de la variante tecnológica. Para este caso gamma será igual a la mayor TIR resultado de todas las variantes tecnológicas y beta será mayor que 8.

Conclusiones Parciales

1. En la presente investigación se propone una metodología de evaluación tecnológica para plantas de moldeados de celulosa, que integra la utilización de herramientas de simulación e indicadores de lógica difusa compensatoria; para contribuir a mejorar el proceso de toma de decisiones en la selección de este tipo de tecnologías.
2. Mediante la aplicación del balance de agua, fibra y de energía mecánica en las variantes adoptadas, se verifica la capacidad de almacenamiento, la consistencia



Capítulo II: Estrategia para la evaluación tecnológica

inicial de trabajo, los consumos de agua, la fibra expulsada al medio ambiente, la potencia de las bombas y velocidades de los fluidos en las tuberías.

3. La utilización de programas computacionales con el propósito de modelar y simular el proceso, constituyen valiosas herramientas en la evaluación de tecnologías antes, durante y posterior a la transferencia, siendo la validez de los resultados obtenidos de estas herramientas directamente proporcionales a la calidad de los datos que le sean suministrados.
4. El uso de operadores de lógica difusa compensatoria permitió crear un indicador multi-criterio para la selección de tecnologías que combina el análisis de métodos de evaluación de etapas del proceso con el análisis de rentabilidad del proyecto.

Capítulo III. Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

3.1 Introducción

Para comprobar la hipótesis de investigación se procedió a aplicar la estrategia de evaluación tecnológica propuesta en el capítulo anterior, con el objetivo de contribuir al proceso de toma de decisiones en la selección de la mejor tecnología desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

3.2 Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica en el proyecto inversionista de planta de moldeados de celulosa de la UEB Jatibonico

3.2.1 Paso 1: Preparación

Establecimiento de los compromisos de la organización

Desde los primeros momentos, la dirección de la Empresa del Papel asumió el liderazgo del proyecto de investigación, convencidos de la utilidad del mismo para la seguridad alimentaria de la población, ya que ofrecerá garantías de abastecimiento de bandejas para huevos. Por tal razón los objetivos estuvieron encaminados a:

1. Definir cuál sería la información necesaria para el proceso de toma de decisiones bajo las condiciones de la empresa.
2. Elaborar e implantar una estrategia de evaluación tecnológica que permita seleccionar la mejor tecnología desde el punto de vista técnico-económico y ambiental para la elaboración de moldeados de celulosa.

Conformación del equipo de trabajo

La puesta en servicio de la planta de moldeados dará empleo a 58 trabajadores. Del total de trabajadores previstos: 4 serán cuadros, 13 técnicos, 39 obreros y 2 de servicios. Atendiendo a lo avanzado de la tecnología que se pretende adquirir y aprovechando la alta calificación de la fuerza de trabajo, se recomienda la siguiente composición: 13 técnicos superiores y 45 obreros calificados.

Del total previsto, se espera que sea necesario capacitar a diferentes niveles, unos 50 obreros. La cantera para la obtención de la fuerza de trabajo pudiera resultar una



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

combinación de utilizar el potencial que representa el personal de origen papelerero, ya sea que se encuentren dentro de la organización o que muestren interés por incorporarse al proyecto; personal proveniente de la reserva laboral, gestionado a través de la dirección de trabajo, además, de ser necesario, se tendrán en cuenta otras fuentes de empleo, a gestionar ante los correspondientes organismos, tales como: graduados del politécnico “Raúl Galán”, de Jatibonico, especialmente mecanización agrícola y otras carreras técnicas.

Preparación del personal

El suministrador de la tecnología tiene el deber por contrato a presentar el plan de entrenamiento y capacitación, que incluirá: contenido del entrenamiento y capacitación, método o recursos necesarios, relación de personal especializado que impartirá la capacitación, perfil de los profesionales a ser entrenados y capacitados, cronograma y lugar de realización, objetivos y resultados esperados, entre otros aspectos que se consideren.

La parte cubana le suministrará al personal seleccionado un entrenamiento teórico práctico a cumplirse en la planta René Bedia, de Calabazar.

La asistencia técnica extranjera impartirá un curso básico y de actualización con una duración estimada de unas 120 horas, proporcionando el material bibliográfico y otros recursos necesarios. Sus objetivos fundamentales son: proporcionar los conocimientos teórico-prácticos necesarios a supervisores, personal de operación y de mantenimiento, que le permitan dominar la tecnología de fabricación de moldeados de celulosa y de control de proceso, incluyendo los equipos tecnológicos suministrados.

La capacitación abarcará las siguientes áreas principales:

- Sistema de preparación de pasta
- Químicos y fluidos de servicios
- Sistema de moldeado
- Sistema de secado
- Sistema de apilado
- Mantenimiento
- Control de calidad

Así mismo, el suministrador de la planta garantizará la capacitación fuera de Cuba, en una planta similar, a un grupo de especialistas seleccionados, por el período de tiempo y bajo las condiciones que sean acordadas por las partes.



3.2.2 Paso 2: Definición del contexto de evaluación

Se define como contexto de evaluación la elaboración de un programa para la evaluación de tecnologías de fabricación de moldeados de celulosa en la papelera de Jatibonico, que le permita ser competitiva, aprovechando los procesos inversionistas que se prevén, en correspondencia con la búsqueda de tecnologías que se justifiquen desde el punto de vista técnico, económico y ambiental; para lo cual se aprovecharán las edificaciones, infraestructura y la ubicación geográfica favorable que brinda la planta paralizada de la fábrica de papel de Jatibonico. Se aplica la estrategia propuesta de acuerdo con el diagrama heurístico explicado en el capítulo anterior.

3.2.3 Paso 3: Caracterización de la instalación industrial y de las tecnologías propuestas a implementar

Este proyecto es promovido por la Empresa del Papel, del GEIQ (Grupo Empresarial de la Industria Química), perteneciente al MINBAS. Fue originalmente aprobado por el MEP en el plan de inversiones del 2008, para ejecutarse por el flujo financiero de Venezuela, con un presupuesto de 6 297.0 miles de pesos, de ellos 5 775.3 MCUC y 521.7 MCUP bajo el concepto de una planta para producir 50.0 millones de bandejas anuales destinadas al envase de huevos.

Se localiza en Jatibonico, provincia de Sancti Spíritus, en las instalaciones del antiguo combinado de papeles blancos “Panchito Gómez Toro”. Entre las principales ventajas de su ubicación se encuentran precisamente la utilización de instalaciones ya existentes. Otro aspecto a tener en cuenta es la ubicación en el centro del país de estas instalaciones, con los consabidos ahorros de la transportación, habida cuenta de que ya se dispondría de una instalación en La Habana que podría abastecer la región occidental.

Por otra parte se cuenta con una buena infraestructura de ferrocarril y de transporte por carretera.

Del antiguo Combinado Papeles Blancos, la nueva planta tomaría los suministros de energía eléctrica, así como el agua industrial y de incendio, alcantarillado y servicios telefónicos.

Descripción de las variantes tecnológicas y sus esferas de utilización

La tecnología que se adquirirá será utilizada para la producción de bandejas para huevos (cartones o files), fabricados a partir de recortes de papel y cartón suministrado por la Empresa de Recuperación de Materia Prima. Se producirán 44.8 millones de bandejas en el



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

primer año, llegando a 50 millones cuando la fábrica alcance su plena capacidad. Se fabricará la bandeja para 30 huevos de 60 g, del formato 15 ½ libras.

En la selección de las tecnologías se tuvieron en cuenta varias compañías suministradoras, resultando ser las más destacadas desde el punto de vista técnico tres firmas internacionales, que en la actualidad son los líderes mundiales en el sector de la venta de maquinarias para la producción de bandejas de celulosa reciclada, para el empaque de huevos. De las ofertas suministradas se hizo el siguiente resumen.

1. La firma china CLIMA es una de las tecnologías reconocidas a nivel mundial en la fabricación de bandejas para huevos, la misma trabaja con programas computacionales de alta tecnología. Los años de práctica han demostrado una alta eficiencia, bajo costo de mantenimiento y un ahorro de energía de la máquina de bandejas de huevo diseñada por esta empresa. Cada año aumenta el número de plantas de moldeados de celulosa construidas, lo que los convierte en uno de los principales exportadores de este producto a nivel mundial. Puede utilizar todo tipo de papel desechado como materia prima y entre sus principales variantes están: las bandejas y cajas para huevos, frutas y semillas. Es una inversión que satisface altamente a los empresarios o inversores que quieren un negocio estable y consistente de bandeja para huevos.
2. Hartmann Technology es uno de los tres productores más grandes de maquinarias para el empaquetamiento del huevo mediante moldeados de fibra y un comercializador por excelencia de estas bandejas. Esta compañía se sitúa en Gentofte, Dinamarca. Se localizan cinco de sus sedes en Europa, una en Israel y una en Canadá. El grupo tiene oficinas de ventas en doce países. El gran mercado que tienen los productos de la Hartmann se puede atribuir a su habilidad de tecnología y a su vasta experiencia en la producción de moldeados de fibra desde 1936.
La sustentabilidad y consideraciones medioambientales son elementos íntegros del plan y estrategia de negocios de esta firma. Todos sus productos se basan en el reciclaje de papel y recursos biodegradables. Esta empresa trabaja estrechamente con su cliente para apoyar la necesidad de productos sustentables en el mercado comercial.
Hartmann les vende empaquetamiento para realizar empaques de huevos a productores, distribuidores y a determinadas cadenas que buscan cada vez más la especialización de esta empresa en el mercadeo de huevos.
3. La firma holandesa Huhtamaki Molded Fiber Technology es una empresa líder del sector de la fabricación y comercialización de maquinaria y de producción de cartones para



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

huevos. Leotech®3000 es la líder entre las plantas que produce esta firma, por su tecnología, resultando de las más avanzadas que existen en el mundo actualmente, teniendo en cuenta su fiabilidad, grado de automatización y poca complejidad operacional. Sus índices de consumo de materias primas, materiales y portadores energéticos, resultan también entre lo mejor que se oferta en el mundo.

El grupo está especializado en envases de papel, plástico y fibra moldeada. La consolidada experiencia en el mundo del empaque ha permitido a Huhtamaki adquirir un profundo conocimiento de las necesidades de los clientes, y al mismo tiempo, una importante competencia estratégica en el desarrollo de nuevos productos y sus procesos. Para satisfacer sus exigencias y contribuir activamente en su éxito, esta firma ofrece soluciones de empaque personalizadas. En la década de los 80, Huhtamaki decide especializarse en empaques de consumo. En los últimos años la compañía ha apostado por la optimización de sus procesos y el crecimiento hacia países emergentes.

Tabla 3.1 Variantes tecnológicas en el proceso de fabricación de moldeados de celulosa

FIRMA	PAIS	OBSERVACIONES
CLIMA	China	La planta de esta firma tiene una capacidad de 30 MMU/año, inferior a los 50 MMU que se requieren como norma de producción. En vista de lo cual, se deja fuera del análisis.
HARTMANN TECNOLOGY	Dinamarca	Esta planta ofrece una capacidad de producción de 53 millones/año, pero su oferta resulta más cara, y sus índices de consumo son también superiores, especialmente el de GLP, elemento que, junto al recorte, resultan los que más encarecen el producto.
HUHTAMAKI	Holanda	Esta firma holandesa cuenta con una maquinaria de 54 millones/año; la más barata de las presentadas, pues ahorraría 621,422.00€ por concepto de importación de la maquinaria, los índices de consumo de materia prima y de materiales auxiliares también se muestran más favorables que la oferta de Hartmann, con quien se compara.



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

FIRMA	PAIS	OBSERVACIONES
		El principal problema que puede señalársele a esta oferta es que limita al país, si pretende exportar las producciones de esta planta, sin embargo, teniendo en cuenta que el proyecto se monta sobre un programa de producción para el consumo nacional, no se considera que esta sea una cláusula invalidante.

3.2.4 Paso 8: Selección y aplicación de los métodos de evaluación de las etapas y del proceso

3.2.4.1 Evaluación Tecnológica Ambiental (ETA)

Por las características de la instalación no se considera que vaya a tener un impacto ambiental determinante, esto no quiere decir que no se realicen análisis periódicos de los efluentes y de los gases del horno. La principal condición ambiental desfavorable es el ruido, producido por los motores de las máquinas, lo cual se resuelve utilizando tapones contra ruido, en los puestos de trabajo que lo requieran. Se utilizará también el casco de protección, los zapatos de casquillo metálico y la ropa (overoles) adecuada para trabajar en cada posición.

Características de los residuales a tratar en la planta

Residuales líquidos

Los residuos líquidos son mínimos y serán evacuados hacia las dos lagunas de oxidación del antiguo combinado. Como se dijo anteriormente esta planta no posee un impacto medioambiental desfavorable, teniendo en cuenta que utiliza fibras recicladas y sus residuales líquidos son mínimos y poco contaminantes, en virtud del alto grado de recirculación y reemplazo de las aguas.

En relación con las características físico-químicas de estos residuales, se exigirá que su pH se encuentre entre 6,5 y 8,5, que los sólidos en suspensión no sobrepasen las 50 partes por millón y que el contenido de grasas y aceites no excedan los diez miligramos por litro.

Residuales gaseosos

Los residuales gaseosos de la planta son esencialmente los que se generan durante el proceso de secado de las bandejas, es básicamente vapor de agua y dióxido de carbono que se obtiene como residuo de la combustión del GLP en los quemadores del horno del túnel de secado.

Residuales sólidos



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

Los residuales sólidos que se generan en el proceso son el resultado de la separación mecánica que se produce en dos puntos fundamentalmente: el hydrapulper (donde suelen acumularse determinadas impurezas, generalmente entre las paletas del equipo: plástico, alambres y otros metales) y los rechazos del sistema de depurado (arena, residuos finos de metales, etc.); la evacuación en ambos casos se efectúa en una carreta situada de forma permanente en un punto de recogida establecido al respecto y que suele botarse una o dos veces a la semana, dependiendo del grado de limpieza de la materia prima que entra. Estos residuos serán evacuados hacia el vertedero del antiguo combinado.

3.2.4.2 Evaluación de equipos y sistemas auxiliares

En esta fase del estudio se realizó una evaluación parcial de algunos de los equipos y sistemas auxiliares que intervienen en el proceso de moldeados de celulosa mediante el desarrollo de los balances de materiales y energía mecánica. Se tuvieron en cuenta para la realización de los mismos los datos reportados por las variantes tecnológicas mencionadas en epígrafes anteriores. Las tablas siguientes muestran los resultados que se corresponden con este estudio.

Tabla 3.2 Ecuaciones, datos de las corrientes y resultados de los balances de materiales

Ecuaciones básicas	Datos de las corrientes		Resultados	
	Hartmann	Huhtamaki	Hartmann	Huhtamaki
Hydrapulper BT: $P_1 + Af = P_2 + R$ BP: $(1-H) * P_1 = P_2 * (Sp_2)$	$P_1=14.47t/d$ $H=10\%$ $Sp_2=5\%$ $R= 5\% * P_1$	$P_1=10.56t/d$ $H=10\%$ $Sp_2=5\%$ $R= 5\% * P_1$	$P_2=260.46t/d$ $Af=245.99t/d$	$P_2=190.08t/d$ $Af=180.05t/d$
Cuba de almacenamiento BT: $P_2 + Ab = P_3$ BP: $Sp_2 * P_2 + Ab * Sab = P_3 * Sp_3$	$Sp_3=4\%$ $Sab=0.2\%$	$Sp_3=4.2\%$ $Sab=0.1\%$	$P_3=285.68t/d$ $Ab=68.52t/d$	$P_3=227.25t/d$ $Ab=37.17t/d$

Como resultado de los balances de materiales se determinaron los flujos de agua y fibra que se generan, así como los que se consumen en la sección de preparación de pastas. Como se puede apreciar los mayores valores de flujo de agua y fibra corresponden a la firma holandesa Hartmann, ya que esta planta está diseñada y equipada para producir 53 millones



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

de bandejas anuales, mientras que la firma Huhtamaki con quien se compara estaría destinada a producir 50 millones de este producto anualmente.

Balances de energía mecánica

Como parte de la evaluación de los equipos se realizó un análisis del sistema de bombeo del proceso, tomando como base la oferta tecnológica suministrada por la firma Huhtamaki (**Anexo 7**). Para ello se hizo uso del programa dP. En el **Anexo 8** se encuentran las tablas de la 3.3 – 3.7, las cuales muestran los resultados obtenidos del programa para cada una de las bombas y en la tablas siguientes se reflejan los principales resultados obtenidos con la utilización de dicho programa.

Tabla 3.8 Resultados obtenidos por el programa dP

Datos de la bombas			Resultados del programa dP.	
Flujos (l/h)		Potencia (kW)	Potencia (kW)	Caída de presión (Pa)
Bomba 01	90 000	6,3	3,1	125810
Bomba 02	30 000	7,5	0,8	95220
Bomba 03	4 200	3,5	0,14	122752
Bomba 04	600	2,2	0,033	201152
Bomba 05	49 980	7,5	0,0335	297989

Como se puede observar en la tabla anterior, los resultados de los consumo de potencia obtenidos en el programa no se asemejan a los datos de las bombas ofrecidos por el fabricante. Los valores de potencias más cercanos a los reportados por la oferta tecnológica son los obtenidos de las bomba 01 y 05, por lo que podemos decir que las mismas satisfacen los requerimientos de propiedades del fluido y parámetros de operación del sistema, aunque con un alto sobre diseño de la oferta dada por el suministrador de la tecnología. En lo concerniente a las bombas 02, 03 y 04 los valores calculados del consumo de potencia deben ser mayores, debido a la necesidad de un mayor consumo de potencia en la arrancada de los equipos de bombeo. Estos resultados están dados por bajos valores de flujo reportados en la documentación del fabricante.



Tabla 3.9 Velocidades de los fluidos a través de las tuberías

Bombas	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)
Bomba 01	159,3	1,25
Bomba 02	100	1,06
Bomba 03	48,6	0,63
Bomba 04	9,9	2,17
Bomba 05	84,9	2,45

En correspondencia con la tabla anterior se observan que los valores de velocidades obtenidos para los diferentes diámetros se encuentran dentro del rango permisible de velocidades de líquidos en tuberías (0,5 – 2,5 m/s) (Pávlov, 1981). En el caso particular de la bomba 03 el valor de velocidad está cercano al mínimo de velocidad permisible, asociado esto al bajo flujo reportado.

3.2.4.3 Evaluación del proceso

En esta fase del estudio se realizó la modelación y simulación del proceso de moldeados de celulosa, usando como herramienta el software TIBCO Business Studio. Se efectuaron dos corridas de simulación correspondientes a cada una de las tecnologías tratadas como caso de estudio. Las estimaciones de tiempo realizadas estuvieron dadas por el tiempo que demora cada actividad en procesar un lote de 200 bandejas. Como resultado se obtuvo un análisis costo-tiempo, el cual se detalla a continuación.

La figura 3.1 muestra la relación de tiempo (minutos) mínimo, promedio y máximo que demora cada variante tecnológica en producir un lote de bandejas. Como se puede observar existen diferencias significativas entre las tecnologías analizadas, lo cual se evidencia en la tabla 3.10, siendo el porcentaje de diferencia de tiempo de la Hartmann con respecto a la Huhtamaki de 20,28.

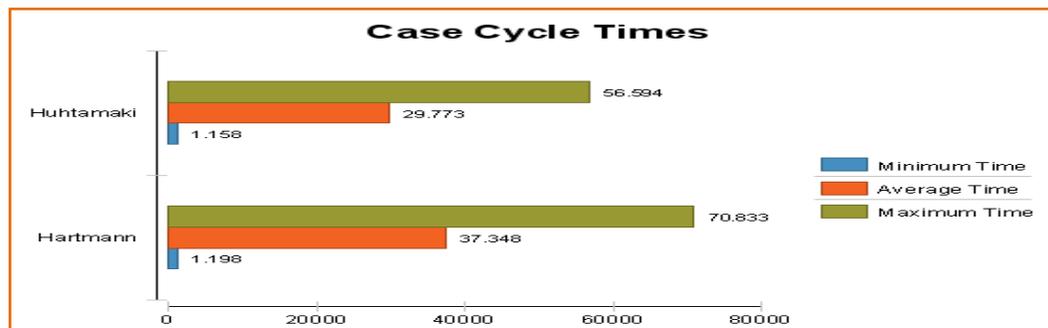


Figura 3. 1 Ciclo de tiempo para cada variante tecnológica.



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

Tabla 3. 10 Tiempo promedio del proceso y porcentaje de diferencia de cada tecnología

Tecnología	Tiempo promedio de proceso (min)	%Diferencia
Hartmann	37,348	0,00
HUhtamaki	29,773	-20,28

Como se evidencia en el gráfico de barras siguiente, la firma Hartmann emplea mayor cantidad de dinero en producir un lote de 200 bandejas, siendo el porcentaje de diferencia con respecto a la Huhtamaki de 24,31 como se muestra en la tabla 3.11

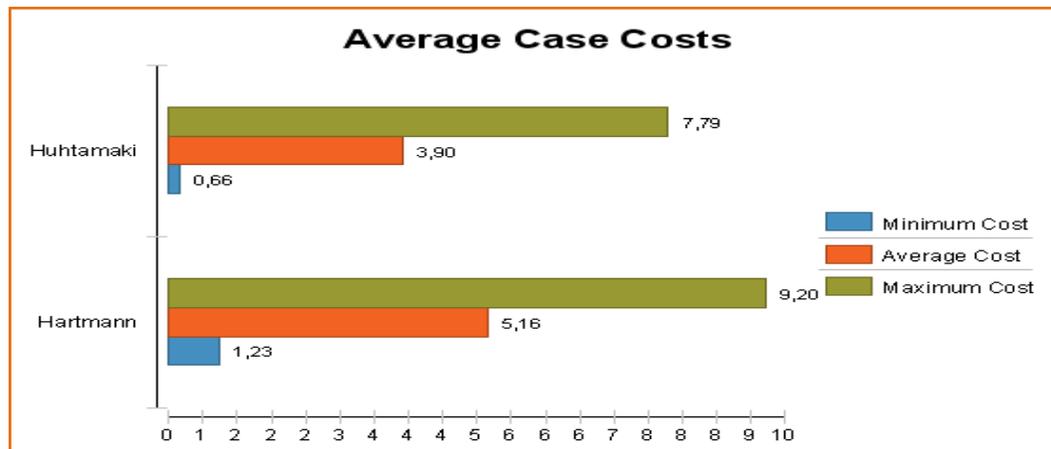


Figura 3. 2 Relación de costos mínimos, promedios y máximos para cada variante tecnológica

Tabla 3.11 Costo promedio del proceso y porcentaje de diferencia de cada tecnología

Tecnología	Costo promedio del proceso (\$)	%Diferencia
Hartmann	5,158	0,00
HUhtamaki	3,904	-24,31

La figura 3.3 integra los resultados obtenidos en los dos análisis previamente realizados y establece una comparación del costo promedio con respecto al tiempo promedio de producción para cada opción tecnológica. Como se puede observar la firma Huhtamaki es la que menor tiempo y menor costo emplea en producir un número determinado de bandejas. Es válido destacar que los resultados obtenidos hasta el momento pueden no ser lo suficientemente confiables a la hora de tomar decisiones, puesto que los datos empleados en el software son solo estimaciones realizadas por el equipo de trabajo que labora en el



proyecto inversionista que se desarrolla. Cuando se cuente con datos más confiables, una vez que se negocie con las firmas, se puede realizar nuevamente la simulación del proceso.

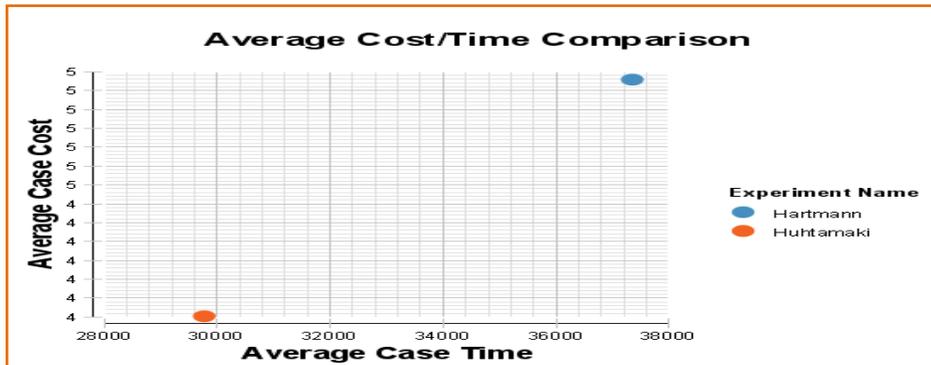


Figura 3.3 Comparación de costo vs. tiempo para cada una de las variantes tecnológicas

3.2.5 Paso 9: Análisis de los resultados de los métodos de evaluación de las etapas y del proceso

La evaluación de las etapas y del proceso que fueron realizadas arribó que existen deficiencias tecnológicas, asociadas al proceso de transferencia de la tecnología. Las mismas se definen en el epígrafe siguiente.

3.2.6 Paso 10: Definición de las deficiencias tecnológicas asociadas al proceso de transferencia

Como el proyecto se encuentra en la fase de selección de la tecnología a implementar, no existen deficiencias tecnológicas de origen operacional, sino más bien asociadas al proceso de transferencia de la tecnología, donde se utiliza la información mínima que aportan los fabricantes para realizar la evaluación de las tecnologías. Resulta de vital importancia en todo proyecto inversionista identificar y valorar los riesgos técnicos de la planta, previo a su adquisición, parámetro este clave para evaluar si la tecnología será adecuada en el ambiente del país receptor. A continuación se relacionan las principales deficiencias que presentan las tecnologías seleccionadas como caso de estudio.

- No se cuenta con un sistema previo de tratamiento a las pacas de papel reciclado que llegan al proceso.
- Ausencia de una etapa de limpieza de la pulpa posterior al desfibrado en el hydropulper, donde es imprescindible la eliminación de polímeros de diversa índole.



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

- Ausencia de un sistema eficiente de tratamiento de aguas blancas, ya que debido a la falta del mismo no existe un cierre efectivo del circuito de agua para la reducción de su consumo.
- En la evaluación del sistema de bombeo de agua y pulpa realizada existe contradicción entre las magnitudes calculadas y las reportadas por el fabricante, en cuanto a: potencia de las bombas, diámetro nominales de las tuberías y valores de flujo muy inferiores a la capacidad de las bombas; aspecto este que influye en la disminución de las velocidades de los fluidos.
- Insuficiente conocimiento sobre el sistema de almacenamiento y suministro de gas.

Tomando en consideración las deficiencias identificadas, la revisión de la documentación de proyecto, la información adquirida por estudios de vigilancia tecnológica y la evaluación técnica del sistema adquirido, se proponen varias modificaciones al sistema, las cuales se muestran en el **Anexo 9**.

3.2.7 Resultados de la evaluación técnico – económica de las tecnologías

Para valorar la factibilidad de la inversión a realizar se determinaron los indicadores dinámicos de rentabilidad como el VAN, TIR y PRD, para ello primeramente fue necesario establecer el costo total de inversión y de producción para cada variante tecnológica, en ambos casos se hizo uso del programa Microsoft Excel. Los datos necesarios para este análisis se reportan en el **Anexo 10** en las tablas 3.12 y 3.13 los mismos fueron tomados del estudio de pre-factibilidad del proyecto planta de moldeados de celulosa en Jatibonico. Se adopta una tasa de interés promedio de un 7%, basado en las estimaciones económicas preliminares del estudio de pre-factibilidad. En las tablas siguientes se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3.14 Determinación del costo total de inversión

Concepto	Costo en miles (\$) Hartmann	Costo en miles (\$) Huhtamaki
Inversión fija (1)	7904,5	6697,5
Construcción y montaje	1632,4	1632,4
Equipos	6272,1	5065,1
Maquinaria principal (incluye equipos auxiliares y dotación de piezas de repuesto)	6078	4871
Equipos de transporte	137,7	137,7
Mobiliarios	10,3	10,3
Equipos de computación, electrodomésticos y	46,10	46,10



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

Concepto	Costo en miles (\$) Hartmann	Costo en miles (\$) Huhtamaki
comunicación		
Gastos previos de producción (2)	1347,30	1301,10
Capital Fijo (1+2)= (3)	9251,80	7998,60
Capital de Trabajo (4)	237,70	242,30
Costo total de inversión (3+4)	9489,50	8240,90

Tabla 3.15 Determinación del costo total de producción

Concepto	Costo en miles (\$/año) Hartmann	Costo en miles (\$/año) Huhtamaki
Costos Directos(materias primas, materiales, insumos, servicios públicos y salarios directos) (1)	2233	2162,7
Costos Indirectos (gastos de mantenimiento, otros gastos) (2)	198,9	198,9
Costos de operación (1+2)= (3)	2431,9	2361,6
Depreciación (4)	748,7	667
Gastos financieros (5)	269,7	243,4
Costos totales (3+4+5)	3450,30	3272,00

En el **Anexo 11** en la tabla 3.16 y 3.17 se muestran los resultados de la evaluación obtenidos mediante el Microsoft Excel y en la tabla 3.18 se representa el valor de los indicadores de rentabilidad obtenidos para cada variante tecnológica.

Tabla 3.18 Valor de los indicadores de rentabilidad

Indicador	Hartmann	Huhtamaki
Valor Actual neto (VAN)	\$2251,55	\$2823,91
Tasa de Rendimiento Interna (TIR)	12%	14%
Plazo de Recuperación al Descontado (PRD)	7,36 años	6,57 años

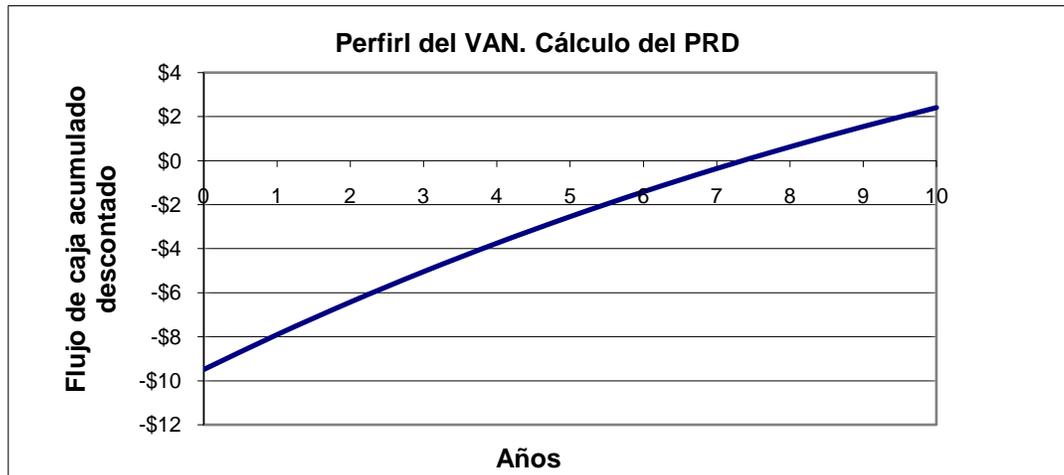


Figura 3. 4 Representación del perfil del VAN correspondiente a la firma Hartmann

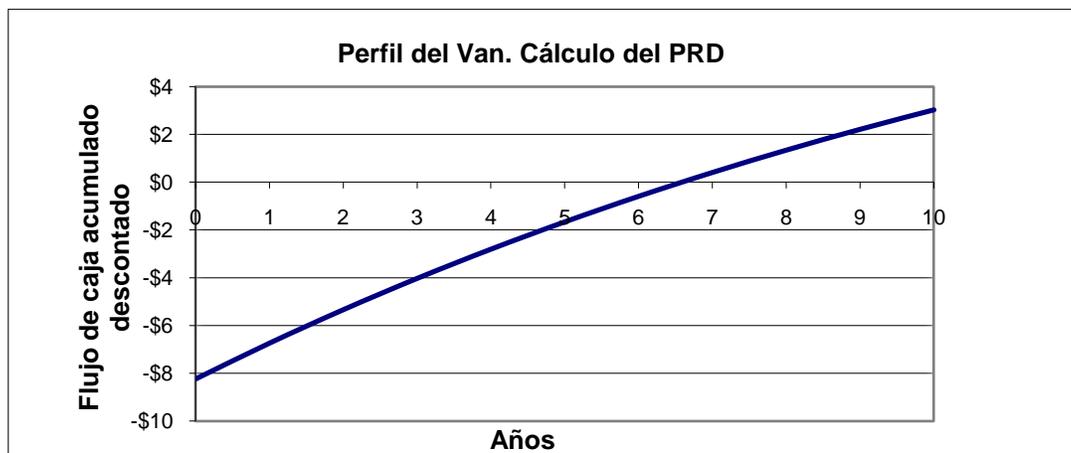


Figura 3. 5 Representación del perfil del VAN correspondiente a la firma Huhtamaki

En correspondencia con los resultados obtenidos de la evaluación de los indicadores económicos que se representan en la tabla 3.14 y en las figuras anteriormente mostradas, sería factible realizar la inversión, puesto que no se obtienen pérdidas, ya que el valor del VAN resulta positivo en ambos casos. Si comparamos los proyectos será más factible el de la firma holandesa Huhtamaki, ya que es el de mayor VAN y a su vez recupera en un menor tiempo la inversión.

3.2.8 Paso 13: Proyecto de inversión

A continuación se muestra cada uno de los árboles difusos y los datos utilizados para el cálculo del indicador global de selección de tecnología (I_{st}). Para facilitar el cálculo de dicho indicador fue utilizado el software Fuzzy Tree Studio.



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

Determinación del valor de verdad de la evaluación del proceso (Ep)

$$E_p = (W_{ctp} \rightarrow E_{ctp}) \cap (W_{ccp} \rightarrow E_{ccp})$$

La serie de datos para determinar este indicador se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 3.19 Datos para determinar el valor de verdad de la evaluación de proceso (Ep)

Variantes	Wctp	Ectp	Wccp	Eccp
1.Hartmann	0,9	37,348	0,9	5,158
2.Huhtamaki	0,9	29,773	0,9	3,904



Figura 3. 6 Árbol difuso para determinar el valor de verdad del indicador de evaluación del proceso (Ep)

Los resultados reportados fueron: $Ep_1=0,6108$, $Ep_2=0,7761$

Determinación del valor de verdad del método de evaluación de etapas (M_{EE})

$$M_{EE} = (W_{eta} \rightarrow E_{ta}) \cap (W_{eesa} \rightarrow E_{esa}) \cap (W_{ep} \rightarrow E_p)$$

Los datos necesarios para determinar el mismo se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 3.20 Datos para determinar el valor de verdad del método de evaluación de etapas (M_{EE})

Variantes	Weta	Eta	Weesa	Eesa	Wep	Ep
1.Hartmann	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,6108
2.Huhtamaki	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,7761

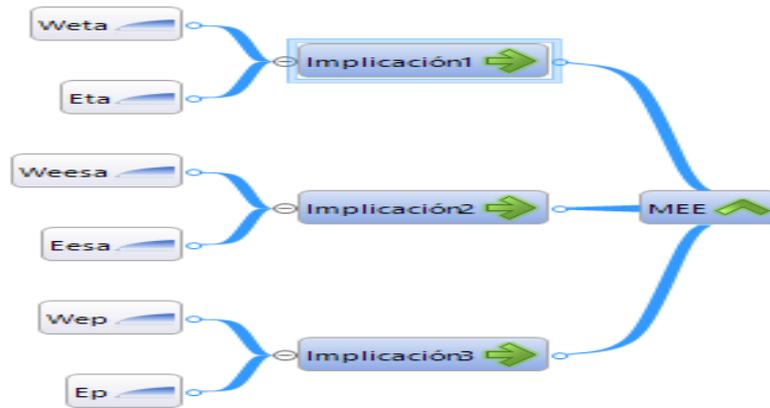


Figura 3. 7 Árbol difuso para determinar el valor de verdad del método de evaluación de etapas (M_{EE})

Se obtuvieron los resultados siguientes: $M_{EE1}=0,5897$, $M_{EE2}=0,6774$

Determinación del valor de verdad del análisis de rentabilidad del proyecto (A_{RI})

$$A_{RI} = (W_{PRD} \rightarrow E_{PRD}) \cap (W_{VAN} \rightarrow E_{VAN}) \cap (W_{TIR} \rightarrow E_{TIR})$$

La serie de datos para determinar este indicador se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 3.21 Datos para determinar el valor de verdad del análisis de rentabilidad del proyecto (A_{RI})

Variantes	PRD	Wprd	VAN	Wvan	TIR	Wtir
1.Hartamann	7,36	0,9	22,5155	0,9	12	0,9
2.Huhtamaki	6,57	0,9	28,2391	0,9	14	0,9

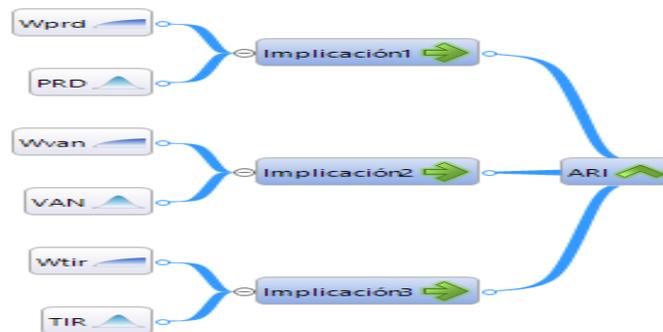


Figura 3. 8 Árbol difuso para determinar el valor de verdad del análisis de rentabilidad del proyecto (A_{RI})



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

Los resultados reportados fueron: $A_{RI1}=0,6926$, $A_{RI2}=0,8899$

El indicador global que se desea determinar se obtiene a partir de la ecuación siguiente:

$$I_{st} = (W_{MEE} \rightarrow M_{ee}) \cap (W_{ARI} \rightarrow A_{RI})$$

Los datos necesarios para determinar el mismo se relacionan en la tabla siguiente

Tabla 3.22 Datos para determinar el indicador de selección de tecnologías (I_{st})

Variantes	Wmee	MEE	Wari	ARI
1.Hartmann	0,9	0,5897	0,9	0,6926
2.Huhtamaki	0,9	0,6774	0,9	0,8899

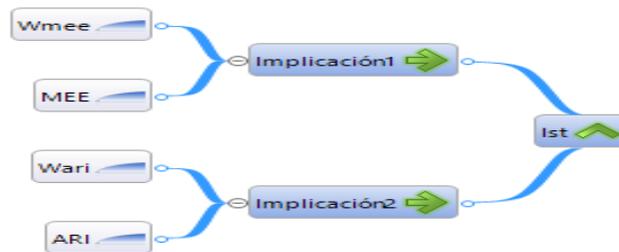


Figura 3. 9 Árbol difuso para determinar el indicador global de selección de tecnologías (I_{st})

Los resultados obtenidos del indicador global de selección de tecnología para cada variante fueron: $I_{st1}= 0,503$ y $I_{st2}=0,6058$

Conclusiones Parciales

1. Las principales deficiencias tecnológicas asociadas al proyecto radican principalmente en: la ausencia de la etapa de tratamiento a la materia prima y posteriormente la etapa de eliminación de impurezas (polímeros), así como de equipamientos para el cierre del ciclo de aguas blancas.
2. La evaluación del sistema de tuberías y de bombeo realizada, arribó que no existen coincidencias en las magnitudes de los consumos de potencia y en las velocidades de los fluidos en las tuberías, en cuanto a la información que ofrece el fabricante de la tecnología.



Capítulo III: Aplicación de la estrategia de evaluación tecnológica

3. Con la aplicación del software TIBCO Business Studio se obtienen criterios técnico-económicos que contribuyen a la toma de decisiones en el proceso de transferencia tecnológica.
4. Los indicadores de rentabilidad obtenidos mediante el análisis de factibilidad técnica y económica muestran que Huhtamaki Technology constituye la tecnología con mayor potencial para ser adoptada, con un VAN= \$ 2 823 910, una TIR = 14% y un PRD= 6,57años.
5. De acuerdo a los resultados obtenidos a partir del cálculo del indicador global de selección de tecnologías (I_{st}) la firma Huhtamaki Technology es la mejor opción de las analizadas con un valor de 0,6058

Conclusiones Generales

1. El estudio bibliográfico realizado confirma la existencia de una amplia gama de metodologías para la evaluación de tecnologías, sin embargo, evidencia la carencia de una estrategia sistemática, que basada en la integración de herramientas ingenieriles e informáticas, facilite medir el impacto técnico, económico, social y ambiental de las tecnologías de producción de moldeados de celulosa en proceso de transferencia.
2. La estrategia propuesta incluye la evaluación de los equipos y sistemas auxiliares, la simulación del proceso, la determinación de los indicadores de rentabilidad, y la creación de un indicador global basado en el uso de la lógica difusa compensatoria, que integra los resultados obtenidos de la evaluación técnica y económica.
3. Las principales deficiencias tecnológicas asociadas al proyecto radican principalmente en: la ausencia de la etapa de tratamiento a la materia prima y posteriormente la etapa de eliminación de impurezas (polímeros), equipamientos para el cierre del ciclo de aguas blancas y falta de correspondencia entre los valores calculados y propuestos por el fabricante, en cuanto a variables de diseño y operación.
4. Los indicadores de rentabilidad obtenidos mediante el análisis de factibilidad técnica y económica muestran que Huhtamaki Technology constituye la tecnología con mayor potencial para ser adoptada, con un VAN = \$ 2 823 910, una TIR = 14% y un PRD= 6,57años, lo cual se corresponde con los resultados de la aplicación de la lógica difusa compensatoria para la adopción de la tecnología más favorable.

Recomendaciones

1. Utilizar la estrategia de evaluación propuesta, así como las experiencias de la presente investigación en los estudios posteriores que se realicen en la UEB de Jatibonico.
2. Mejorar el indicador global de selección de tecnologías (I_{st}), a partir de la introducción de herramientas que contribuyan a medir cuantitativamente el impacto medioambiental, así como un algoritmo que facilite fuzzyficar los valores obtenidos de la evaluación de etapas y sistemas auxiliares.
3. Efectuar intercambios con el fabricante para verificar las deficiencias tecnológicas identificadas en este trabajo y obtener información de mayor grado de confiabilidad para la realización de la simulación del proceso y el cálculo de los indicadores de rentabilidad económica de la inversión.

Bibliografía

1. Armesto, C. P. (1999). "Technology Transfer: Advice For the Licensee", Chemical Engineering. V.106(No.2), p.90.
2. Benavides V, C. (2003). Gestión estratégica de la tecnología y economías de aglomeración. Madrid, from <http://www.madrimasd.org/revista/revista16/tribuna/tribuna1.asp>
3. Bosch, H. E., & Debarbieri, C. A. (2000). Gestión de Tecnología (pp. 176). Retrieved from <http://www.campus-oei.org/salactsi/gestec.htm>.
4. Ceruto Cordovés, T., Rosete Suárez, A., & Espín Andrade, R. (2009). Descubrimiento de predicados a través de la búsqueda metaheurística. Hacia una tecnología semántica para la Inteligencia Organizacional. Universidad de las Ciencias Informáticas.
5. COTEC (Ed.). (1997). *"Innovación en las PYMES: Factores de éxito y relación con su supervivencia. Estudio bibliográfico 1987-1995"*.
6. Chilton, C. (1960). *Cost engineering in the process industries*. New York, .
7. Diccionario Conceptual, T. (Ed.) (2000)
8. Dubois, D., & Prade, H. (1985). Review of fuzzy set aggregation connectives. Information sciences.
9. Espín Andrade, R. (2009). La Lógica Difusa Compensatoria: Una plataforma para el razonamiento y la representación del conocimiento en un ambiente de decisión Multicriterio, en *Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones: Métodos y Aplicaciones*.
10. EvaluTech. (2000). "Technology Evaluation & Commercialization". from <http://www.evalutech.com/intro.html>
11. FAO. (1996). "Technology assessment and transfer for sustainable agriculture and rural development in the Asia-Pacific Region".
12. García, T. (1990). *Planeación estratégica y planeación tecnológica*. (CINDA ed. Vol. 27). Santiago de Chile: Colección Ciencia y Tecnología.
13. Gavazzo, G. B., & Pavlik, C. A. (2008). *"Influencia de la materia prima en la operación de moldeado de pulpas y en las propiedades del producto final"*. V CONGRESO

14. *IBEROAMERICANO DE INVESTIGACION EN CELULOSA Y PAPEL*. Guadalajara, Jalisco, México.
15. González, E. (1991). *“Utilización del análisis de procesos en la intensificación de la producción en distintas industrias de Cuba”*. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias UCLV, Cuba.
16. Göttching, L., & Pakarinen, H. (1999). *Recycled Fiber and Deinking. Book 7 in the Papermaking science and technology series*
17. Fapet Oy, Helsinki, Finland.: Finnish Paper Engineer Association and TAPPI
18. Hajek, P. D. K. (1998). *Metamathematics of fuzzy logic*. Dordrecht: Kluwer.
19. Hernández-Touset, J., González, E., & García, A. (2009). Estrategia para la evaluación tecnológica en la etapa exploratoria del análisis complejo de procesos en plantas de gases industriales. *Revista Tecnología Química, XXIX*.
20. *“Procedimiento para el mejoramiento de la evaluación tecnológica y de la transferencia tecnológica”*. Memorias del III Congreso Iberoamericano de Investigaciones en Celulosa y Papel, Córdoba, España., pp. 597-599. (2004).
21. Luján García, D. (2007). *Procedimiento general para el diseño y/o rediseño basado en la gestión por procesos*. Ing. Tesis para optar por el título académico de Máster en Dirección, Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Villa Clara, Cuba.
22. Macías, R. (1992). *Economía de empresas, inversiones y financiación*. Edición Revolucionaria.
23. Marin-Ortega, P., Espin-Andrade, R., & Marrx-Gómez, J. (2013). Multivalued Fuzzy Logic: A Sensitive Analysis. . *Atlantis Press, 51*, 1-7.
24. Mendoza., H. d. (1995). Depurador con doble separación ADS. . In C. L. C. M. S.A. (Ed.). Tolosa, España.
25. Molina, M. (1989). Algunos aspectos sobre el procesamiento de papel de desperdicio o “papelote” y su incidencia sobre los consumos de energía. *Quivicán, Provincia Habana, Cuba..*
26. Moñux C, D. (2000). “Evaluación de Tecnologías”.
27. Muñiz, M., & Valdivia, M. (2007). “Gestión tecnológica en la producción porcina cubana.” from <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/viencuent/marisol.htm>
28. NASA. (2006). “Technology Assessment”, from <http://users.wpi.edu/~aiaa/esas.report.09.pdf>

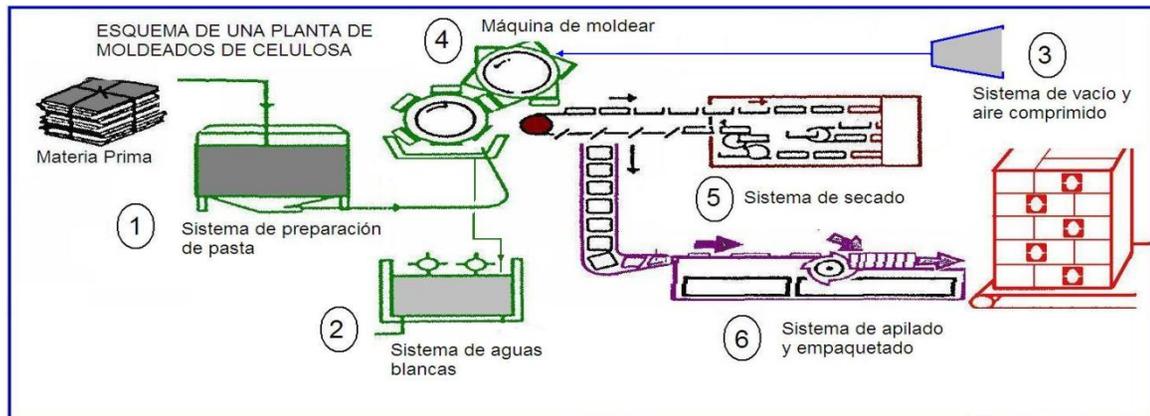
29. Ochoa, M., V., & Mario, B. (2007). "Innovación, tecnología y gestión tecnológica". *Acimed*, 16(4).
30. ONUDI. (2006). "Evaluating and Selecting Technology". United Nations Industrial Development Organization, from http://www.1000ventures.com/1000v/tecnology_transfer/techacquisition_main.html
31. Palop, F., & Vicente, J. (1999). Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva., from <http://navactiva.com> potencial_vtec.pdf
32. Pávlov, K. F. (1981). "Problemas y ejemplos para el curso de operaciones básicas y aspectos en tecnología química". Editorial Mir, Moscú.
33. Peters, M. S. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Fourth Edition. McGRAW HILL.*
34. . *Resolución 91. "Indicaciones para el proceso inversionista".* (2006).
35. S/A. (2010). Proyecto de fin de carreras: Producción de pasta y papel., from <http://www.proyectosfindecarrera.com/>
36. S/A. (2012). Proyecto de prefactibilidad: Planta Moldeados de celulosa. Jatimold
37. Salas, M. R. (2007). "Dominion Cove Point LNG, L.P.; Notice of Intent To Prepare an Environmental Assessment for the Proposed Cove Point Air Separation Unit Project and Request for Comments on Environmental Issues".
38. Sanmartín, J. (1993). "Tecnología y ecología muchos problemas y unas pocas soluciones". Estudio sobre Tecnología, Ecología y Filosofía, , from <http://www.campus-oei.org/cts/tef.pdf>
39. Tulbure, I. (2002). "Considerations Regarding Evaluation Methods in Technology Assessment". *Technische Universität Clausthal, RFA.*
40. Ulrich, G. (1985). *Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química.*
41. VALMET, C. (1996). Equipment for Stock Preparation. Hidrociclón de alta consistencia HC CLEANER. Finland. .
42. VALMET., C. (1996). Equipment for Stock Preparation. Depuradores Presurizados (PRESSURE SCREENS). Finland.
43. Venditti, R. (2010). Paper Recycling Technology. Dept. of Wood and Paper Science North Carolina State University. Research Projects in Paper Recycling from <http://www4.ncsu.edu/unity/users/r/richardv/www/documents/Presentation108HOdetail.edpart1best.pdf>

44. Werner, & Degoul, E. (1995). "La vigilancia tecnológica: una nueva especialidad empresarial". *Mundo científico*, 14, 1078 - 1087.

ANEXOS



Anexo 1: Secciones que conforman el proceso de producción de moldeados de celulosa



Fuente: Estudio de prefactibilidad del proyecto: Planta de moldeados de celulosa de Jatibonico(2012)



Anexo 2: Lógica difusa compensatoria

Sea $x=(x_1,x_2,\dots,x_n)$ un elemento cualquiera del producto cartesiano $[0,1]^n$. Una cuarteta de operadores continuos (c, d, o, n) , c y d de $[0,1]^n$ en $[0,1]$, o de $[0,1]^2$ en $[0,1]$ y n de $[0,1]$ en $[0,1]$ constituyen una *lógica compensatoria*, si se satisface el siguiente grupo de axiomas:

- I. **Axioma de compensación:** $\min(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq c(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq \max(x_1, x_2, \dots, x_n)$
- II. **Axioma de Conmutatividad o Simetría:** $c(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_j, \dots, x_n) = c(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_i, \dots, x_n)$
- III. **Axioma de Crecimiento Estricto:** Si $x_1=y_1, x_2=y_2, \dots, x_{i-1}=y_{i-1}, x_{i+1}=y_{i+1}, \dots, x_n=y_n$ son desiguales de cero, y $x_i > y_i$ then $c(x_1, x_2, \dots, x_n) > c(y_1, y_2, \dots, y_n)$
- IV. **Axioma de veto:** Si $x_i=0$ para algún i entonces $c(x)=0$.
- V. **Axioma de Reciprocidad Difusa:** $o(x, y) = n[o(y, x)]$
- VI. **Axioma de Transitividad Difusa:** Si $o(x, y) \geq 0.5$ y $o(y, z) \geq 0.5$, entonces $o(x, z) \geq \max(o(x, y), o(y, z))$
- VII. **Leyes de De Morgan:**

$$n(c(x_1, x_2, \dots, x_n)) = d(n(x_1), n(x_2), \dots, n(x_n)) \quad n(d(x_1, x_2, \dots, x_n)) = c(n(x_1), n(x_2), \dots, n(x_n))$$

Los operadores c y d reciben el nombre de conjunción y disyunción, respectivamente. El operador o recibe el nombre de orden estricto difuso, y el n el de negación.



Anexo 3: Operadores difusos

Los operadores para los conectivos lógicos *conjunción* (“y”) y *disyunción* (“o”), pueden agruparse en modelos de operadores. Los modelos de operadores que se utilizan en este trabajo y sus expresiones matemáticas que operan con los valores de verdad de los predicados son los siguientes, donde los x_i denotan valores de verdad de predicados difusos:

- Estándar / Máx-Mín (Dubois & Prade, 1985)

El operador conjunción se define como:

$$C(x_1, x_2, \dots, x_n) = \text{mín}(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

El operador disyunción se define como:

$$D(x_1, x_2, \dots, x_n) = \text{máx}(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

- Probabilístico / Algebraico (Dubois & Prade, 1985)

El operador conjunción se define como:

$$C(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 * x_2 * \dots * x_n$$

El operador disyunción se define como:

$$D(x_1, x_2, \dots, x_n) = (-1)^0 * \sum x_i + (-1)^1 * \sum_{i \neq j} x_i * x_j + (-1)^2 * \sum_{i \neq j \neq k} x_i * x_j * x_k + \dots + x_1 * x_2 * \dots * x_n$$

- GMBCL (Geometric Mean Based Compensatory Logic) (Marin-Ortega et al., 2013)

- El operador conjunción se define como: $C(x_1, x_2, \dots, x_n) = (x_1, x_2, \dots, x_n)^{\frac{1}{n}}$

El operador disyunción se define como: $D(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1 - [(1 - x_1) * (1 - x_2) * \dots * (1 - x_n)]^{\frac{1}{n}}$

- AMBCL (Arithmetic Mean Based Compensatory Logic) (Marin-Ortega et al., 2013)

- El operador conjunción se define como: $C(x_1, x_2, \dots, x_n) = [\text{mín}(x_1, x_2, \dots, x_n) * \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}]^{\frac{1}{2}}$

El operador disyunción se define como: $D(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1 - [\text{mín}(1 - x_1, 1 - x_2, \dots, 1 - x_n) * \frac{\sum_{i=1}^n (1 - x_i)}{n}]^{\frac{1}{2}}$

- Para la expresión “si ... entonces”, los operadores que se implementan son:

Implicación de Zadeh

$$A \Rightarrow B = \neg A \vee B$$



Anexo 3: Operadores difusos

Implicación de Kleene-Dienes

$$A \Rightarrow B = \neg A \vee (A \wedge B)$$

➤ Por último, la expresión para la negación (“no”) se define siempre como:

$$N(x) = 1 - x$$



Anexo 4: Funciones de pertenencia

Función puntual o singleton

Es uno de los casos más simples que sirve para modelar evaluaciones estrictas, como por ejemplo: Igual a 7, Igual a 23.

Formalmente quedaría:

$$M(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X = A \\ 0 & \text{si } X \neq A \end{cases}$$

Y su representación gráfica se muestra en la siguiente figura



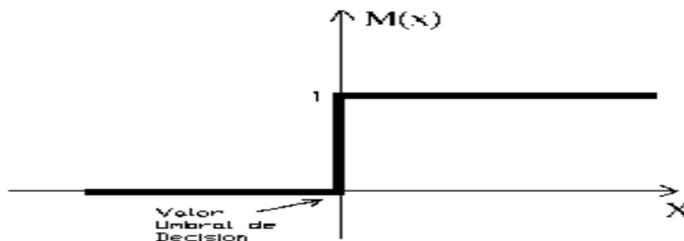
-Saltos escalones estrictos

Esta es una función centrada en el valor umbral de decisión. Se utiliza en ejemplos como los siguientes: Mayor o Igual que 0, Mayor o Igual que 27.

Si el escalón es estricto ascendente formalmente quedaría:

$$M(X) = \begin{cases} 0 & \text{si } X < \text{Umbral} \\ 1 & \text{si } X \geq \text{Umbral} \end{cases}$$

y la siguiente figura muestra su representación gráfica.



Si el escalón es estricto descendente formalmente quedaría:

$$M(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq \text{Umbral} \\ 0 & \text{si } X > \text{Umbral} \end{cases}$$

-Función Gamma: Escalones crecientes



Anexo 4: Funciones de pertenencia

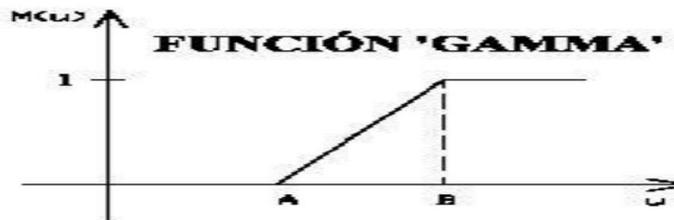
Es característica de la etiqueta que significa el adjetivo que caracteriza a los elementos mayores del universo del discurso. Por ejemplo: alto, gordo, grande, largo, etc. Para precisar este tipo de funciones hay que definir dos puntos:

1. A (límite inferior): el valor por debajo del cual el grado de pertenencia es 0.
2. B (punto de inflexión): el valor por encima del cual el grado de pertenencia es 1.

Esta función formalmente queda:

$$M(X) = \begin{cases} 0 & \text{si } X \leq A \\ (X-A)/(B-A) & \text{si } X > A \text{ y si } X < B \\ 1 & \text{si } X \geq B \end{cases}$$

La siguiente figura refleja su representación gráfica.



-Función L: Escalones decrecientes

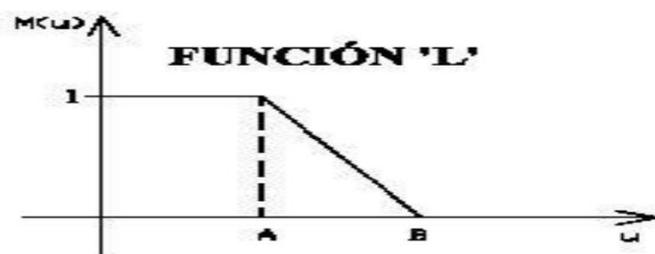
Esta función es característica de la etiqueta que significa el adjetivo que caracteriza a los elementos menores del universo del discurso. Por ejemplo: bajo, flaco, pequeño, corto, etc. Esta función, al igual que la Gamma precisa de la definición de dos puntos:

1. A (punto de inflexión): el valor por debajo del cual el grado de pertenencia es 1.
2. B (límite superior): el valor por encima del cual el grado de pertenencia es 0.

Esta función formalmente queda:

$$M(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq A \\ (B-X)/(B-A) & \text{si } X > A \text{ y si } X < B \\ 0 & \text{si } X \geq B \end{cases}$$

La figura muestra gráficamente esta función.





Anexo 4: Funciones de pertenencia

-Función Lambda: Funciones triangulares

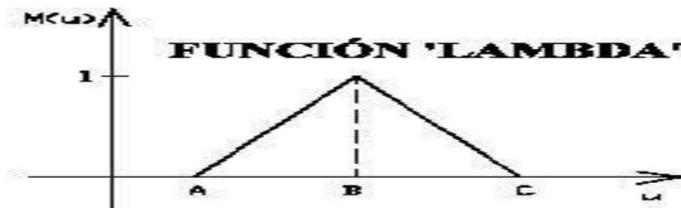
Esta función es característica de la etiqueta que significa el adjetivo que caracteriza a los elementos centrales del universo del discurso. Por ejemplo: mediano, normal. Para precisar este tipo de funciones hay que definir tres puntos:

1. A (límite inferior): el valor por debajo del cual el grado de pertenencia es 0.
2. B (valor modal): el valor en el cual el grado de pertenencia es 1.
3. C (límite superior): el valor por encima del cual el grado de pertenencia es 0.

Esta función formalmente quedaría:

$$M(X) = \begin{cases} 0 & \text{si } X \leq A \\ (X-A)/(B-A) & \text{si } X > A \text{ y si } X \leq B \\ (C-X)/(C-B) & \text{si } X > B \text{ y si } X < C \\ 0 & \text{si } X \geq C \end{cases}$$

La siguiente figura muestra como queda representada gráficamente dicha función.



-Función Pi: Funciones trapezoidales

Es una extensión o generalización de las funciones Lambda, L y Gamma. Esta función es característica de la etiqueta que significa el adjetivo que caracteriza a los elementos centrales del universo del discurso, pero que se quiere permitir que valga 1 en más de un punto (a diferencia de las funciones triangulares en las que sólo vale 1 en un punto).

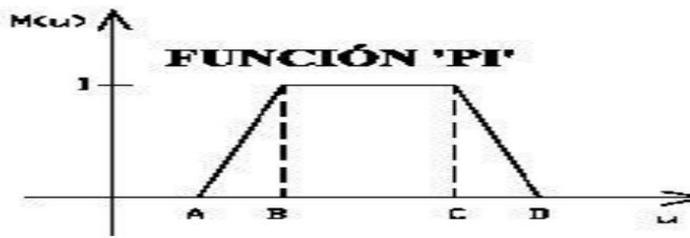
Para precisar este tipo de funciones hay que definir cuatro puntos:

1. A (límite inferior): el valor por debajo del cual el grado de pertenencia es 0.
2. B (límite de soporte): el valor en el cual el grado de pertenencia comienza a ser 1.
3. C (límite de soporte): el valor en el cual el grado de pertenencia deja de ser 1.
4. D (límite superior): el valor por encima del cual el grado de pertenencia es 0 nuevamente.

Gráficamente quedaría como se muestra en la siguiente figura.



Anexo 4: Funciones de pertenencia

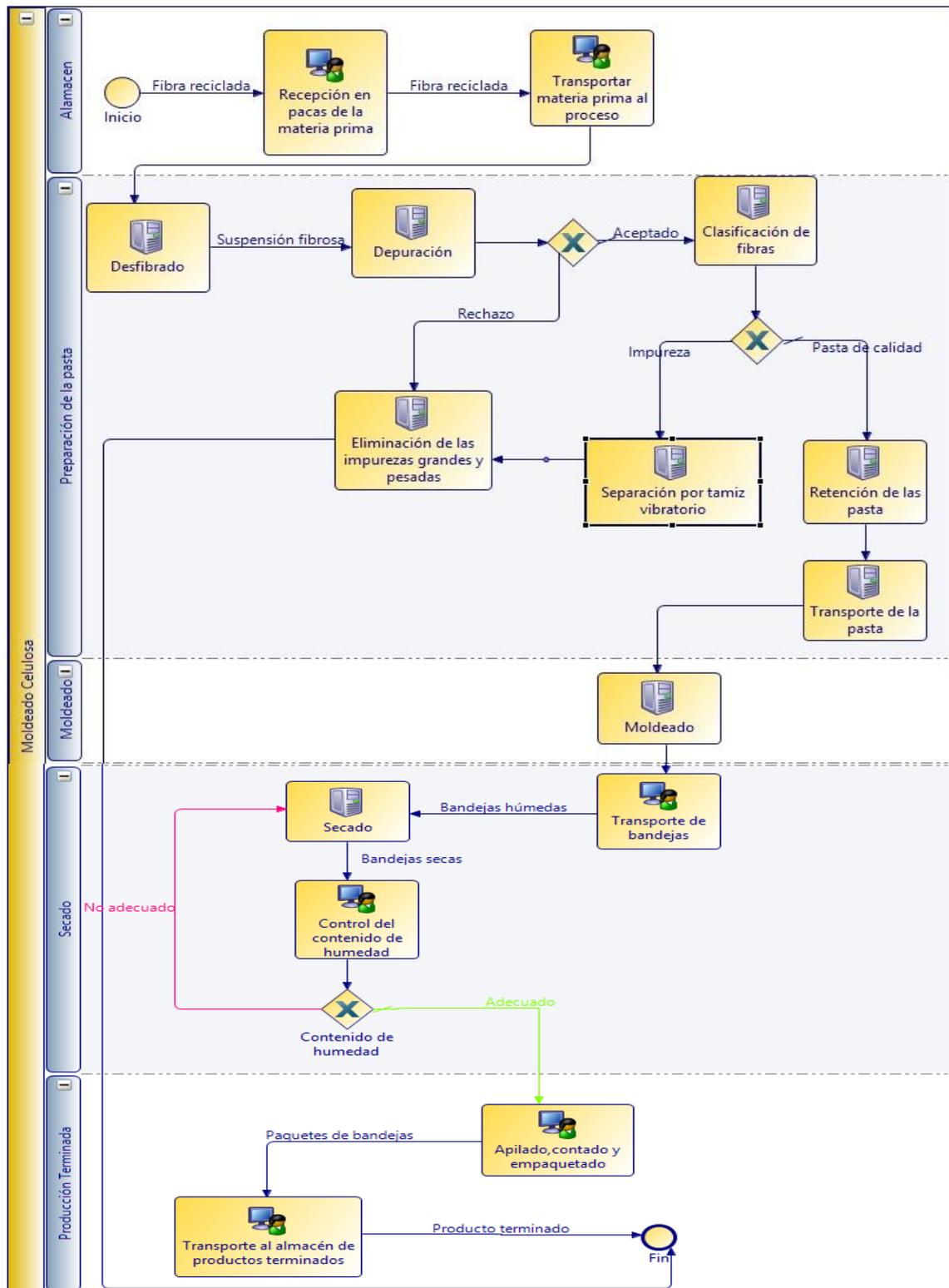


Esta función tiene casos particulares que la convierten en las funciones vistas con anterioridad. Estos casos son los siguientes:

1. Si $C = D = \text{Infinito}$ (o el valor límite superior del universo del discurso), entonces la función se reduce a un escalón creciente (función Gamma).
2. Si $A = B = 0$ (o el valor límite inferior del universo del discurso), entonces la función se reduce a un escalón decreciente (función L).
3. Si $B = C$ entonces la función se reduce a una función triangular (función Lambda).
4. Si $A = B = C = D$ es una función que sólo vale 1 en un punto.
5. Si $A = B$ y $C = D$, se convertiría en un salto que sólo vale 1 entre los valores de A y C, y vale 0 en el resto de los valores.



Anexo 5: Modelación del proceso de moldeados de celulosa





Anexo 6: Datos para la simulación del proceso de moldeados de celulosa correspondiente a cada variante tecnológica

Tabla 2.3 Relación de las actividades del proceso y el tiempo aproximado de ejecución de cada una en función de la tecnología que se desee evaluar

Actividad	Unidad de tiempo	Media		Desviación típica	
		Hartmann	Huhtamaki	Hartmann	Huhtamaki
Recepción en pacas de la MP	hora	1.3	1	0.5	0.5
Transportar MP	min	12	10	3	2
Desfibrado	min	30	25	3	3
Depuración	min	12	10	2	2
Clasificación de fibras	min	10	8	3	2
Separación por tamiz vibratorio	min	7	5	2	1
Eliminación de las impurezas grandes y pesadas	min	2	1	0.5	0.2
Retención de la pasta	min	15	10	2	2
Transporte de la pasta	seg	360	250	120	100
Moldeado	min	10	7	3	3
Transporte de bandejas	min	5	5	2	1.5
Secado	min	5	5	2	2
Control del contenido de humedad	seg	23	17	5	3
Apilado, contado y empaquetado	min	25	18	3	2



Anexo 6: Datos para la simulación del proceso de moldeados de celulosa correspondiente a cada variante tecnológica

Actividad	Unidad de tiempo	Media		Desviación típica	
		Hartmann	Huhtamaki	Hartmann	Huhtamaki
Transporte al almacén de productos terminados	min	10	8	2	2

Tabla 2.4 Relación de participantes en el proceso con el costo por unidad de tiempo para cada variante tecnológica

Participantes	Número de personas/máquinas	Costo por unidad de tiempo		Unidad de tiempo
		Hartmann	Huhtamaki	
Almacenero	1	2,60	2,60	hora
Cubas almacenamiento	2	0,22	0,13	hora
Depurador de alta densidad	1	0,11	0,086	hora
Estera conductora	1	0,09	0,054	hora
Horno	1	0,65	0,48	hora
Hydrapulper	1	0,43	0,43	hora
Máquina de moldeado	1	0,87	0,74	hora
Operador montacarga	2	0,035	0,033	hora
Operario	6	2,60	2,60	hora
Pantalla vibratoria	1	0,043	0,035	hora
Tamiz clasificador	1	0,043	0,035	hora
Tanque de rechazos	1	0,039	0,039	hora



Anexo 6: Datos para la simulación del proceso de moldeados de celulosa correspondiente a cada variante tecnológica

Participantes	Número de personas/ máquinas	Costo por unidad de tiempo		Unidad de tiempo
Transportador-secador	1	0,039	0,026	hora
Tuberías	1	0,03	0,035	hora

Los datos reportados en la tabla anterior fueron estimados con la ayuda del equipo de trabajo que labora en el proyecto de planta de moldeados de celulosa



Anexo 8: Resultados de la evaluación del sistema de bombeo y de tuberías

Tabla 3.3 Resultados del programa dP para la bomba 01

Fluid data		Results	
flow rate	90000 [liter/hr]	Reynolds number	62443,1 [-]
density	1500 [kg/m3]	average velocity of liquid	1,25 [m/s]
dynamic viscosity	4,8 [cP]	friction factor	0,0201 [-]
Pipe data		relative roughness surface	0,0001 [-]
inner diameter	159,3 [mm]	friction of pipe	5,0471 [-]
surface roughness	0,01 [mm]	pipe area	19930,6486 [mm] ²
total pipe length	40 [m]	pipe volume	797,23 [liter]
elevation	8 [m]	friction of appendages	1,8090 [-]
pressure loss extra equipment	0 [bar]	average residence time	31,89 [sec]
Equivalent length		power loss	3145,3 [Watt]
bends and elbows	64 [l/d]	pressure drop pipe	1,2581 [bar]
valves	26 [l/d]	estimated shear	31,50
	90 [l/d]	Total pressure drop	
fittings and appendages	14,337 [m]	pipe+equipment+appendages	1,2581 [bar]
			125810 [Pa]

Tabla 3.4 Resultados del programa dP para la bomba 02

Fluid data		Results	
flow rate	30000 [liter/hr]	Reynolds number	33157,3 [-]
density	1500 [kg/m3]	average velocity of liquid	1,06 [m/s]
dynamic viscosity	4,8 [cP]	friction factor	0,0240 [-]
Pipe data		relative roughness surface	0,0004 [-]
inner diameter	100 [mm]	friction of pipe	7,2000 [-]
surface roughness	0,04 [mm]	pipe area	7853,9816 [mm] ²
total pipe length	30 [m]	pipe volume	235,62 [liter]
elevation	6 [m]	friction of appendages	1,0080 [-]
pressure loss extra equipment	0 [bar]	average residence time	28,27 [sec]
Equivalent length		power loss	793,5 [Watt]
bends and elbows	16 [l/d]	pressure drop pipe	0,9522 [bar]
valves	26 [l/d]	estimated shear	42,44
	42 [l/d]	Total pressure drop	
fittings and appendages	4,2 [m]	pipe+equipment+appendages	0,9522 [bar]
			95220 [Pa]



Anexo 8: Resultados de la evaluación del sistema de bombeo y de tuberías

Tabla 3. 5 Resultados del programa dP para la bomba 03

Fluid data		Results	
flow rate	4200 [liter/hr]	Reynolds number	9551,5 [-]
density	1500 [kg/m ³]	average velocity of liquid	0,6289 [m/s]
dynamic viscosity	4,8 [cP]	friction factor	0,0324 [-]
Pipe data		relative roughness surface	0,0008 [-]
inner diameter	48,6 [mm]	friction of pipe	13,3333 [-]
surface roughness	0,04 [mm]	pipe area	1855,0790 [mm] ²
total pipe length	20 [m]	pipe volume	37,10 [liter]
elevation	8 [m]	friction of appendages	3,6288 [-]
pressure loss extra equipment	0 [bar]	average residence time	31,80 [sec]
Equivalent length		power loss	143,2 [Watt]
bends and elbows	68 [l/d]	pressure drop pipe	1,2275 [bar]
valves	44 [l/d]	estimated shear	51,76
	112 [l/d]	Total pressure drop	
fittings and appendages	5,4432 [m]	pipe+equipment+appendages	1,2275 [bar]
			122752 [Pa]

Tabla 3.6 Resultados del programa dP para la bomba 04

Fluid data		Results	
flow rate	600 [liter/hr]	Reynolds number	6698,4 [-]
density	1500 [kg/m ³]	average velocity of liquid	2,17 [m/s]
dynamic viscosity	4,8 [cP]	friction factor	0,0391 [-]
Pipe data		relative roughness surface	0,0040 [-]
inner diameter	9,9 [mm]	friction of pipe	39,4949 [-]
surface roughness	0,04 [mm]	pipe area	76,9769 [mm] ²
total pipe length	10 [m]	pipe volume	0,7698 [liter]
elevation	3 [m]	friction of appendages	5,1612 [-]
pressure loss extra equipment	0 [bar]	average residence time	4,62 [sec]
Equivalent length		power loss	33,5 [Watt]
bends and elbows	96 [l/d]	pressure drop pipe	2,0115 [bar]
valves	36 [l/d]	estimated shear	874,81
	132 [l/d]	Total pressure drop	
fittings and appendages	1,3068 [m]	pipe+equipment+appendages	2,0115 [bar]
			201152 [Pa]



Anexo 8: Resultados de la evaluación del sistema de bombeo y de tuberías

Tabla 3.7 Resultados del programa dP para la bomba 05

											
Fluid data						Results					
flow rate	<input type="text" value="49980"/>	[liter/hr]	Reynolds number	<input type="text" value="65064,8"/>	[-]						
density	<input type="text" value="1500"/>	[kg/m ³]	average velocity of liquid	<input type="text" value="2,45"/>	[m/s]						
dynamic viscosity	<input type="text" value="4,8"/>	[cP]	friction factor	<input type="text" value="0,0215"/>	[-]						
Pipe data						relative roughness surface	<input type="text" value="0,0005"/>	[-]			
inner diameter	<input type="text" value="84,9"/>	[mm]	friction of pipe	<input type="text" value="15,1943"/>	[-]						
surface roughness	<input type="text" value="0,04"/>	[mm]	pipe area	<input type="text" value="5661,1578"/>	[mm] ²						
total pipe length	<input type="text" value="60"/>	[m]	pipe volume	<input type="text" value="339,67"/>	[liter]						
elevation	<input type="text" value="15"/>	[m]	friction of appendages	<input type="text" value="1,9350"/>	[-]						
pressure loss extra equipment	<input type="text" value="0"/>	[bar]	average residence time	<input type="text" value="24,47"/>	[sec]						
Equivalent length						power loss	<input type="text" value="4137,1"/>	[Watt]			
bends and elbows	<input type="text" value="64"/>	[l/d]	pressure drop pipe	<input type="text" value="2,9799"/>	[bar]						
valves	<input type="text" value="26"/>	[l/d]	estimated shear	<input type="text" value="115,54"/>							
	<input type="text" value="90"/>	[l/d]	Total pressure drop								
fittings and appendages	<input type="text" value="7,641"/>	[m]	pipe+equipment+appendages	<input type="text" value="2,9799"/>	[bar]						
							<input type="text" value="297989"/>	[Pa]			



Anexo 9: Correcciones propuestas para las deficiencias tecnológicas detectadas

Deficiencias	Correcciones
Ausencia de un sistema previo de tratamiento a las pacas de papel reciclado que llegan al proceso	Confrontar con el fabricante de la tecnología, la posibilidad de suministrar el equipamiento adecuado para realizarle el tratamiento a las pacas de papel reciclado
Ausencia de una etapa de limpieza de la pulpa posterior al desfibrado en el hydrapulper	Confrontar con el fabricante de la tecnología, la posibilidad de suministrar el equipamiento adecuado para la limpieza de la pulpa después del desfibrado
Ausencia de un sistema eficiente de tratamiento de aguas blancas	Diseñar e instalar un sistema de tratamiento de aguas blancas, que permita realizar el cierre efectivo del circuito de agua para reducir su consumo en el proceso
Contradicción entre las magnitudes calculadas y las reportadas por el fabricante, en cuanto a: potencia de las bombas, diámetro nominales de las tuberías y valores de flujo muy inferiores a la capacidad de las bombas	Realizar un estudio previo con mayor profundidad de la oferta tecnológica dada por el fabricante, que incluya la evaluación del sistema de bombeo de agua y pulpa en todo el proceso
Insuficiente conocimiento sobre el sistema de almacenamiento y suministro de gas	Planificar por parte del departamento de recursos humanos de la empresa una capacitación sobre el sistema de almacenamiento de gas



Anexo 10: Datos para la estimación de los CTI y CTP para cada tecnología

Tabla 3.12 Estimación del Costos Total de Inversión (CTI)

Componentes	Hartmann Costo en miles(\$)	Huhtamki Costo en miles (\$)
Inversión fija (1)	7904,5	6697,5
• Construcción y montaje	1632,4	1632,4
• Equipos	6272,1	5065,1
1- Maquinaria principal	6078,0	4871,1
2- Equipos de transporte	137,7	137,7
3- Mobiliarios	10,3	10,3
4- Equipos de computación, electrodomésticos y comunicación	46,1	46,1
Gastos previos de producción (2)	1347,3	1301,1
Capital Fijo (1+2)= (3)	9251,8	7998,6
Capital de trabajo (4)	237,7	242,3
CTI (3+4)	9489,5	8240,9

Fuente: Estudio de prefactibilidad del proyecto planta de moldeados de celulosa Jatibonico

Tabla 3.13 Datos para determinar el Costo Total de Producción (CTP) desglosado por conceptos

Componentes	Hartmann Costo en miles(\$)	Huhtamki Costo en miles (\$)
Costos directos (1+2)	2233,0	2162,7
Materias primas y materiales fundamentales	772,5	793,3



Anexo 10: Datos para la estimación de los CTI y CTP para cada tecnología

Componentes	Hartmann Costo en miles(\$)	Huhtamki Costo en miles (\$)
<p>(1)</p> <p><u>Nacionales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Recorte gaceta • Recorte corriente • Ondulado(OCC-DKL) • Sal fina tipo D • Sosa cáustica • Polietileno • Pallets <p><u>Importadas directas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Antiespumante • AKD • Mallas para moldes 		
<p>Servicios públicos (2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Combustibles (GLP, Diesel) • Energía eléctrica • Agua 	1126,3	1035,1
<p>Gastos de elaboración (3+4+5+6)</p>	1551,6	1443,6
<p>Otros gastos directos (3)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Depreciación • Gastos diferidos • Ropa y calzado 	741,0	659,3



Anexo 10: Datos para la estimación de los CTI y CTP para cada tecnología

Componentes	Hartmann Costo en miles(\$)	Huhtamki Costo en miles (\$)
Gastos de fuerza de trabajo (4) <ul style="list-style-type: none"> • Salario • Impuesto sobre la fuerza de trabajo • Contribución a la seguridad social • Estimulación 	334,2	334,2
Gastos indirectos de producción (5) <ul style="list-style-type: none"> • Depreciación • Mantenimiento y reparación • Combustible y lubricantes • Ropa y calzado • Alimentos • Salarios • Impuesto sobre la fuerza de trabajo • Contribución a la seguridad social • Estimulación • Otros gastos monetarios (teléfono fumigación, viajes, etc) 	206,6	206,6
Gastos financieros (6)	269,7	243,4
CTP	3450,3	3272,0

Fuente: Estudio de prefactibilidad del proyecto planta de moldeados de celulosa Jatibonico



Anexo 11: Determinación de la factibilidad económica del proyecto por métodos económicos dinámicos

Tabla 3.16 Resultados del análisis de rentabilidad correspondiente a la firma Hartmann

1	Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Ingresos por venta		5.175,45	5.175,45	5.175,45	5.175,45	5.175,45	5.175,45	5.175,45	5.175,45	5.175,45	5.175,45
3	Costos de producción		3.450,30	3.450,30	3.450,30	3.450,30	3.450,30	3.450,30	3.450,30	3.450,30	3.450,30	3.450,30
4	Beneficios		1.725,15	1.725,15	1.725,15	1.725,15	1.725,15	1.725,15	1.725,15	1.725,15	1.725,15	1.725,15
5	Depreciación		948,95	948,95	948,95	948,95	948,95	948,95	948,95	948,95	948,95	948,95
6	Beneficios antes del impuesto		776,20	776,20	776,20	776,20	776,20	776,20	776,20	776,20	776,20	776,20
7	Impuestos		31,05	31,05	31,05	31,05	31,05	31,05	31,05	31,05	31,05	31,05
8	Beneficios despues de impuesto		745,15	745,15	745,15	745,15	745,15	745,15	745,15	745,15	745,15	745,15
9	Costo de inversión	9.489,50										
10	Flujo de caja	-9.489,50	1.694,10	1.694,10	1.694,10	1.694,10	1.694,10	1.694,10	1.694,10	1.694,10	1.694,10	1.694,10
11	Flujo de caja actualizado	-9.489,50	1.583,27	1.479,69	1.382,89	1.292,42	1.207,87	1.128,85	1.055,00	985,98	921,48	861,20
12	Flujo de caja al descontado	-9.489,50	-7.906,23	-6.426,53	-5.043,64	-3.751,22	-2.543,35	-1.414,50	-359,49	626,49	1.547,97	2.409,16

Tabla 3.17 Resultados del análisis de rentabilidad correspondiente a la firma Huhtamaki

1	Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Ingresos por venta		4.908,00	4.908,00	4.908,00	4.908,00	4.908,00	4.908,00	4.908,00	4.908,00	4.908,00	4.908,00
3	Costos de producción		3.272,00	3.272,00	3.272,00	3.272,00	3.272,00	3.272,00	3.272,00	3.272,00	3.272,00	3.272,00
4	Beneficios		1.636,00	1.636,00	1.636,00	1.636,00	1.636,00	1.636,00	1.636,00	1.636,00	1.636,00	1.636,00
5	Depreciación		824,09	824,09	824,09	824,09	824,09	824,09	824,09	824,09	824,09	824,09
6	Beneficios antes del impuesto		811,91	811,91	811,91	811,91	811,91	811,91	811,91	811,91	811,91	811,91
7	Impuestos		32,48	32,48	32,48	32,48	32,48	32,48	32,48	32,48	32,48	32,48
8	Beneficios despues de impuesto		779,43	779,43	779,43	779,43	779,43	779,43	779,43	779,43	779,43	779,43
9	Costo de inversión	8.240,90										
10	Flujo de caja	-8.240,90	1.603,52	1.603,52	1.603,52	1.603,52	1.603,52	1.603,52	1.603,52	1.603,52	1.603,52	1.603,52
11	Flujo de caja actualizado	-8.240,90	1.498,62	1.400,58	1.308,95	1.223,32	1.143,29	1.068,50	998,59	933,27	872,21	815,15
12	Flujo de caja al descontado	-8.240,90	-6.742,28	-5.341,70	-4.032,75	-2.809,43	-1.666,14	-597,64	400,95	1.334,22	2.206,43	3.021,58