

PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE OPORTUNIDADES DE NEGOCIO EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

PROCEDURE FOR THE EVALUATION OF BUSINESS OPPORTUNITIES IN THE SUGAR INDUSTRY

Rabassa Olazábal Glenia

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
Universidad de Camagüey
Camagüey - Cuba.
glenia.rabassa@reduc.edu.cu

González Suárez Erenio

Facultad de Química y Farmacia
Universidad Central de las Villas
Villa Clara – Cuba
erenio@uclv.edu.cu

Pérez Sanchez Amaury

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
Universidad de Camagüey
Camagüey – Cuba
amaury.perezs@reduc.edu.cu

Miño Valdés Juan Esteban

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Misiones
Misiones – Argentina
jemino53@hotmail.com

Pérez Martínez Amaury

Facultad de Ciencias de la Tierra
Universidad Estatal Amazónica
Pastaza – Ecuador
aperezmartinez@gmail.com

Fecha de Recepción: 18/01/2016 - Fecha de Aprobación: 25/02/2016

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue proponer un procedimiento, para formular, evaluar y validar las oportunidades de negocios que se presenten en las instalaciones de la industria azucarera cubana. Se diseñó un Diagrama Heurístico teniendo en cuenta criterios técnicos, económicos, sociales, ambientales y factores de riesgos, aplicando herramientas de Análisis de Gestión Desarrollo para identificar las principales opciones de los procesos de producción industrial con alta eficiencia, en los balances de materia y energía, meta del Análisis Complejo de Procesos, que permite visualizar la mejor opción de negocio. Se aplicó el Procedimiento propuesto al proceso de producción de D-Xilosa y Glucosa a partir de residuos y subproductos de la industria azucarera. Los criterios usados fueron cuantificados usando los software SuperPro Designer® versión 9.0, Statgraphics Centurión versión XVI, KeyWordSpy y Excel. Se concluyó que fue satisfactorio el Procedimiento aplicado y desarrollado para validar, en este caso, la producción de D-Xilosa y Glucosa a partir del bagazo de la caña de azúcar. Por otra parte, esta oportunidad de negocio evaluada, presentó indicadores técnicos, económicos y ambientales viables para la industria azucarera cubana.

PALABRAS CLAVE: Industria Azucarera; Negocios; Procedimiento de evaluación.

ABSTRACT

The aim of this study was to propose a method, to develop, assess and validate the business opportunities that arise in the premises of the Cuban sugar industry. A Heuristic Diagram which took into account technical, economic, social, environmental and risk factors, using tools Management Analysis Development to identify the main options of industrial production processes with high efficiency, material balances designed and energy Complex goal Process Analysis, which allows you to view the best business option. The proposed production process of D-xylose and glucose from waste and by-products of the sugar industry procedure was applied. The criteria used were quantified using the SuperPro Designer® version 9.0, Statgraphics Centurion version XVI, KeywordSpy and Excel software. It was concluded that the procedure was successfully applied and developed to validate, in this case, the production of D-xylose and glucose from bagasse from sugar cane. Moreover, this business opportunity evaluated, presented viable technical, economic and environmental indicators for the Cuban sugar industry.

KEYWORDS: Sugar Industry; Business; Evaluation Procedure

INTRODUCCIÓN

La elaboración de decisiones para inversiones industriales, es una tarea que está vinculada con el centro de la actividad de la gerencia empresarial, y para que pueda funcionar, adaptarse, progresar, sacar ventajas de oportunidades y sobrepasar las crisis necesita una organización eficiente. Siendo diverso el rango de problemas que enfrenta una organización, pues “muchas decisiones se repiten varias veces durante un día de trabajo, mientras que otras ocurren con poca frecuencia y pueden ocurrir una vez en años”, (Heredia; 1995, pp. 82-83), tal es el caso de los procesos inversionistas que siempre requieren absorción y transferencia de tecnología, y por lo tanto, de la máxima atención de la empresa. (Oquendo; 2002)

El desarrollo competitivo de las empresas de la industria química y biológica tendrá que realizarse con un nivel de riesgo y anticipación que podrán disminuirse en la medida en que se despeje la incertidumbre en cualquiera de sus manifestaciones. Por ello es necesario formular alternativas diversas y proceder a una Evaluación Multicriterio (EM) que permita organizar su ejecución de la manera más adecuada. Es necesario, desde el punto de vista empresarial, formular y evaluar las alternativas como oportunidades de negocios para las empresas. (Gonzalez; 1991)

Cuando se desarrollan las herramientas modernas de la Gestión de Desarrollo (GD), de análisis de proyectos para evaluar oportunidades de negocio, además de tener y presentar generalidad de ámbitos de aplicación, esta debe demostrar su utilidad o validez al ser aplicada a un producto particular y en un escenario particular, preferiblemente de importancia y significado en el mismo. (Cunningham; 1997)

Se desarrolla, propone y describe la metodología objeto de la investigación, en términos de diagramas conceptuales, etapas secuenciales y métodos matemáticos. Se hace énfasis en los pasos y ventajas que significan un claro aporte al estado del arte. Además, el proceso de desarrollo de las herramienta para tomar decisiones, puede ir en simultáneo con el de aplicarla a un ejemplo, de manera que se da una sinergia positiva entre la meta del instrumento metodológico y el de la decisión misma. Se examina primero el Análisis Complejo de Procesos (ACP), que como metodología de toma de decisiones integra el Diseño de Procesos con la Evaluación de Proyectos de Inversión según González, (2014).

Es por esto que el problema científico que se planteó fue: ¿cómo evaluar las diferentes oportunidades de negocio con apoyo de las instalaciones existentes en la industria de la caña de azúcar?

La Hipótesis de este trabajo se expresó así: mediante un procedimiento metodológico científicamente argumentado que posibilite la selección y evaluación de oportunidades de negocios es posible iniciar el aprovechamiento y reconversión de instalaciones existentes posibilitando el desarrollo territorial y nacional de la agroindustria.

El Objetivo general fue: proponer y validar un procedimiento, con herramientas de Gestión Desarrollo, para evaluar oportunidades de negocios en instalaciones existentes de la agroindustria azucarera cubana.

Los Objetivos específicos fueron:

1. Establecer del análisis de la literatura científica y tecnológica las bases metodológicas para el análisis sistemático de las oportunidades de negocios mediante la elaboración de subproductos de alto valor agregado a partir de los residuos de biomasa.
2. Proponer un procedimiento para la evaluación de oportunidades de negocios y graficarlo en un diagrama heurístico.
3. Evaluar con el procedimiento presentado si la elaboración de D-Xilosa y glucosa a partir de residuos lignocelulósicos, propuesta por expertos de la agroindustria, los centros de generación de conocimientos y el sector ejecutivo, constituye una oportunidad de negocio viable.

DESARROLLO

El desarrollo de nuevas inversiones y la transferencia tecnológica para los países receptores, puede implicar riesgos muy serios en el momento de seleccionar el negocio más adecuado (Hernández, 2008) es por ello que se deben valer de métodos que propicien la mejor selección, considerando no sólo factores técnicos, comerciales y económicos de la tecnología sino también de otros, como la respuesta a un mercado pequeño, a las restricciones de las materias primas, a la escasez de las habilidades, a la infraestructura subdesarrollada, a las condiciones del territorio entre otros factores.

El desarrollo de procedimientos y la valoración de experiencias exitosas de aplicación de los métodos científicos para una adecuada estrategia en el desarrollo y asimilación de tecnologías, ha evolucionado desde el análisis técnico económico de las mejores alternativas, incluidos los análisis dinámicos, hasta el concepto de lograr tecnologías más limpias, pasando por las de seguridad ambiental y tecnológica, lo que reclama un mayor esfuerzo en la consideración de los problemas de incertidumbre de los procesos transformativos de la industria química y fermentativa lo que ha sido abordado en trabajos anteriores, según González, (2002).

En la literatura científica internacional y nacional están disponibles los procedimientos propuestos de la experiencia Venezolana (PDVSA; 1999), el Software CONFAR ONU 2001 y los métodos clásicos de diseño de equipos y análisis de inversiones en la industria química (Perry; 2008) lo que conduce al diseño óptimo de las plantas químicas (Peters & Timmerhaus; 1991), más recientemente presentada por González (2005), para la evaluación de inversiones destinadas a la obtención de etanol. La simulación de procesos con software específicos se ha venido utilizando extensivamente en los últimos años de forma exitosa como herramienta para comprender en profundidad los procesos químicos y bioquímicos, así como las implicancias físicas y económicas de las modificaciones experimentales (Peters & Timmerhaus, 1991).

Cunningham, (1997) ha sostenido que para realizar una correcta GD se pueden aplicar un conjunto de 8 herramientas, a veces complementarias entre sí, según el caso, ellas son:

Herramienta 1. Análisis de contexto: se desarrollan cuatro modelos a saber:

- a) modelo sectorial: lo que la empresa debe hacer es implementar un adecuado sistema de inteligencia competitiva.
- b) modelo cuantitativo: lo que la empresa debe hacer es desarrollar un banco de datos sobre recursos, probables tendencias e interrelación entre las variables.

- c) modelo sistémico: lo que la empresa debe hacer es identificar a los participantes, seleccionar variables y elaborar escenarios basados en estos elementos.
- d) modelo estructural: lo que la empresa debe hacer es prestar atención al estado de evolución de la ola contemporánea a fin de liderarla.

Herramienta 2. Análisis de las tendencias empresariales: tiene cinco aspectos que son: orientación al mercado, diferenciación, integración aguas abajo, internacionalización y concentración.

Luego se pregunta si existe una oportunidad de materia prima, producto, mercado y tecnología según estos cinco aspectos; si es no entonces se deben tomar acciones para resolver estos aspectos y se vuelve a hacer la pregunta y si es sí se pasa a la tercera herramienta.

Herramienta 3. Evolución de la demanda: aquí se pregunta si hay o no demanda del producto, si la respuesta es no, se va a la formulación de una nueva oportunidad de negocio, si es sí, se continúa con la cuarta herramienta.

Herramienta 4. Evolución de los márgenes de utilidad del producto: aquí se aplica la curva de la experiencia y se implementa el principio de calidad total (para reducir los costos) y luego se pregunta si se reducen estos, de ser negativa la respuesta se deben tomar acciones que contribuyan a reducirlos y se vuelve a hacer la pregunta, de ser positiva se pasa a la quinta herramienta.

Herramienta 5. Otros dos márgenes de utilidad: aquí se calculan el costo total sin amortización y el costo por encima del costo variable, se pregunta si cumple con los requisitos de los costos y si es no, se toman acciones para resolver este ítem, si es sí se pasa a la sexta herramienta.

Herramienta 6. Rentabilidad y utilización en planta: aquí se trata de determinar las correlaciones experimentales entre el retorno sobre inversión y el grado de utilización de la planta, se pregunta si es rentable, si la respuesta es no, deben tomarse acciones como aumentar la capacidad en planta y buscar más integración aguas abajo entre otras, se repite la pregunta y si es positiva entonces se pasa a la séptima herramienta.

Herramienta 7. El producto y su compatibilidad con la empresa: aquí se pregunta si pasa por el primer filtrado, donde aparecen el tamaño y crecimiento del mercado para el producto en cuestión, número de competidores más importantes, características generales de la tecnología involucrada, si no pasa por este filtrado entonces se toman acciones para resolver esto y se vuelve a preguntar, de ser positivo se pasa al segundo filtrado donde se realiza una estimación de rentabilidad, se trata sobre la accesibilidad a la tecnología así como la accesibilidad medio-ambiental, de no pasar por este filtrado se toman acciones para

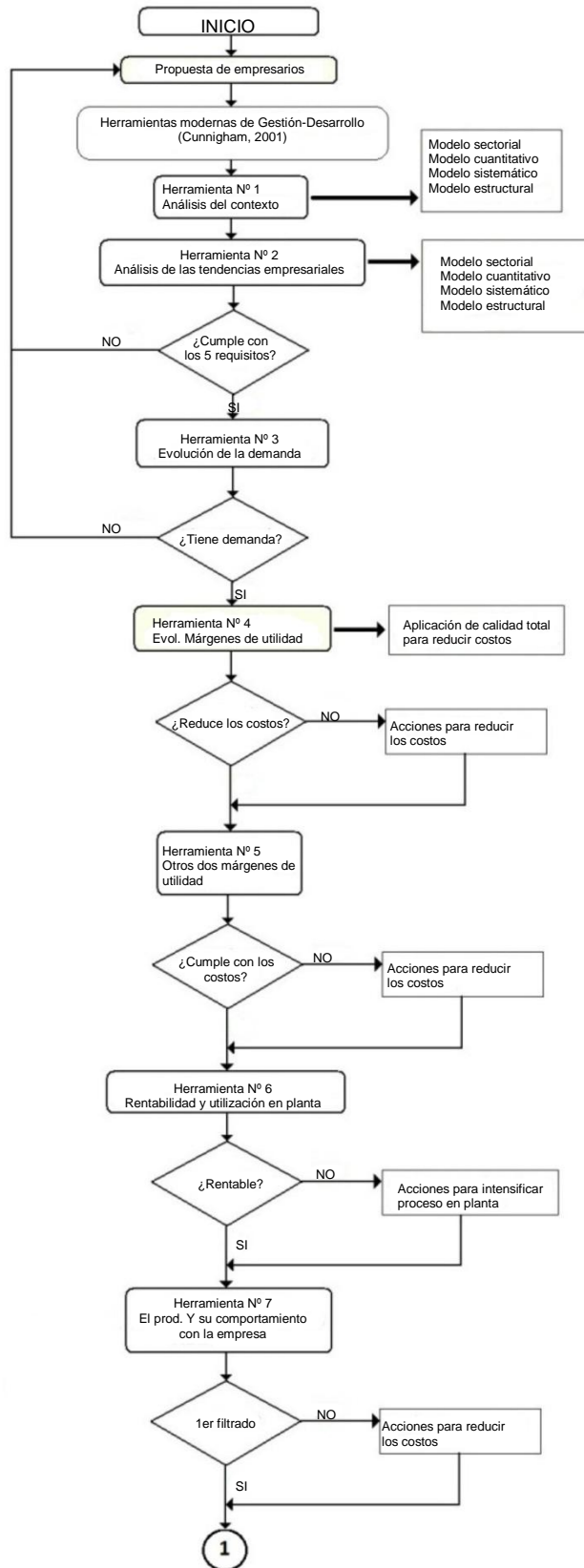
resolver esto y se vuelve a preguntar, de ser positivo se pasa a una etapa de seguimiento donde se realiza un análisis detallado del mercado y de la comercialización, de procesos de producción, accesibilidad a materias primas, disposiciones oficiales, efectos sobre la competencia, flujos de fondos, etc., se presentan luego las cartas del producto, así como el perfil descriptivo del producto, una vez concluido esta herramienta se pasa a la octava.

Herramienta 8. Análisis de entrada al negocio: aparecen entonces siete estrategias fundamentales por analizar: desarrollo interno, adquisición, licenciamiento, generación interna, joint-venture, inversión societaria e incorporación de expertos. Se pregunta ahora si cumple con estas estrategias, de no ser así entonces hay que buscar otra propuesta de negocio, de ser positiva existe una oportunidad de negocio la cual pasa a la fase de visualización de la información, la idea aquí es que se visualicen desde un principio todas las complejidades involucradas en el proceso, se entiendan los nexos y las interfaces existentes entre cada actividad y las decisiones que las soportan, una vez analizado esto, en el caso de constituir un producto pasa a formar parte de la malla de productos químicos que se va a proponer, si fuera un servicio entonces de igual manera se trabajará solo con las peculiaridades de esa opción, se determina la ruta química y se pregunta si existen restricciones tecnológicas, de ser negativa se va a la malla de productos químicos y se toma otro, de ser afirmativa la respuestas se pregunta si está disponible la tecnología de ser negativa se va a la malla de productos químicos y se toma otro, si es positiva se va al diseño del proceso, si existiera disponibilidad del equipamiento se pudiera ir a una reconversión si no lo hubiera entonces sería necesario una asimilación de tecnología con el correspondiente calculo y diseño de nuevos equipos y pasar en ambos casos a seleccionar la tecnología propiamente dicha. Luego se ordenan las inversiones de forma lógica, se prepara el cronograma según consideraciones del desarrollo local donde esta oportunidad de negocio, se determina la ruta crítica de la inversión, así como el tamaño y localización del proyecto, se estima la incertidumbre en la disponibilidad de la materia prima, continua la fase de desarrollo preliminar del proyecto y se pregunta si es factible el proyecto de ser negativo se vuelve a la malla de productos a buscar otra oportunidad de negocio.

Esta factibilidad debe integrar de forma armónica los ya conocidos factores tradicionales técnico-económicos según Peters & Timmerhaus, (1991), los factores energéticos, ambientales sustentables y los riesgos tecnológicos, si es positivo se elabora el informe y se pasa al control de oportunidades de negocio según propuesta para el desarrollo local.

El Procedimiento para la evaluación de oportunidades de negocio se presenta en el Diagrama Heurístico de la Figura 1; que incluye herramientas modernas de GD y el uso de software informáticos para cálculos, diseño y simulación de procesos de la industria química.

Procedimiento para la evaluación de Oportunidades de Negocio en la Industria Azucarera



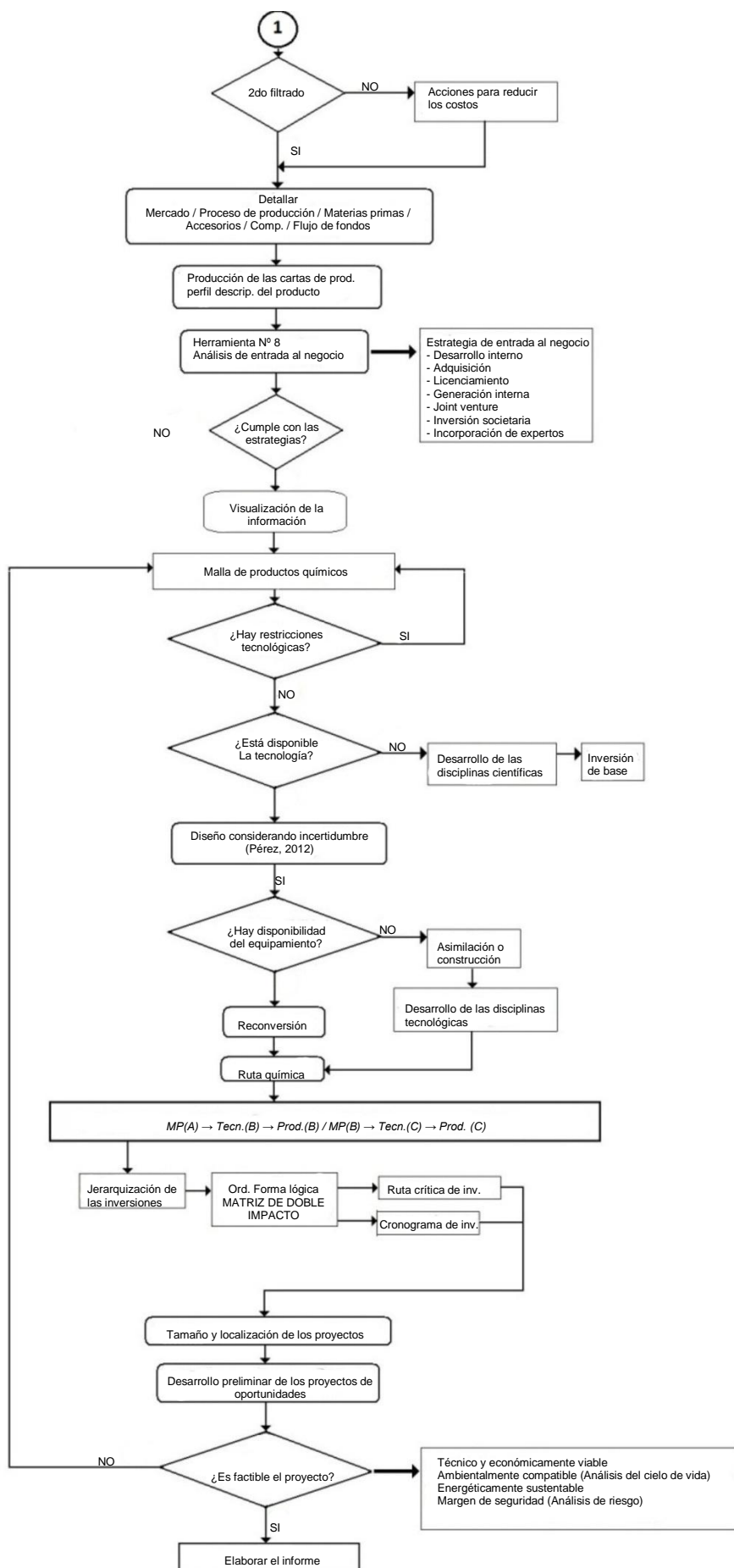


Figura No 1: Diagrama Heurístico para la evaluación de oportunidades de negocio en la agroindustria azucarera cubana

Fuente: Elaboración Propia

Propuesta empresarial: elaborar D-Xilosa y Glucosa a partir de bagazo de caña

Para evaluar si esta propuesta es una oportunidad de negocio viable en la agroindustria azucarera, con apoyo de plantas industriales existentes, se aplica el Procedimiento metodológico presentado en la Figura 1.

Se parte de la propuesta de los empresarios: elaborar D-Xilosa y Glucosa a partir de bagazo de caña en la agroindustria azucarera.

La primera herramienta: Análisis de contexto; aquí se desarrollan 4 modelos:

a) Modelo sectorial: Se manifiesta como excelente oportunidad el hecho de que la materia prima para esta propuesta es el bagazo, fuente renovable, de bajo costo de adquisición y que no precisa de un proveedor externo en la logística de la empresa, a pesar de que pueda competir como materia prima para otras producciones de interés.

b) Modelo cuantitativo: Tomando en cuenta los recursos que intervienen para esta oportunidad de negocio, a saber en cuanto a materia prima (bagazo desmedulado, ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, agua, petróleo, electricidad), la fortaleza de un oficio sostenido en los quehaceres azucareros en el país, la base económica fundamentalmente agrícola, las perspectivas de incrementar el desarrollo técnico con la implementación de nuevas carreras universitarias en períodos más cortos para el sector empresarial azucarero, pudieran permitir el exitoso desarrollo de nuevas producciones que aumentarían las exportaciones en el país y en consecuencia disminuirían las importaciones.

c) Modelo sistémico: Participan activamente los sectores estatales y cooperativas de producción agropecuaria cuyo encargo social sea la producción cañera fundamentalmente, todos los proveedores de las industrias químicas en el país, así como la Unión Nacional Eléctrica, empresas proyectistas del sector agroindustrial azucarero, universidades y centros de gestión del conocimiento. Las principales variables a evaluar serían: disponibilidad de la materia prima, capacitación del personal involucrado y todo sobre la concepción de un escenario optimista, al usar precisamente materia prima de procedencia nacional y contar con prestigiosos centros para la gestión del conocimiento.

d) Modelo estructural: Aprovechar las fortalezas que brinda el nuevo modelo económico cubano donde se brinda especial atención a la producción de derivados de la industria azucarera y la autonomía de las empresas de poder gestionar su propio desarrollo diversificando en este caso su producción.

La segunda herramienta: Análisis de tendencias empresariales, esta tiene 5 aspectos fundamentales que son:

a) Orientación al mercado: la D-Xilosa es materia prima para la producción de Xilitol y suma un nuevo producto a la malla de productos químicos del país.

b) Diferenciación: se conoce la tecnología, las características del producto y su uso lo que ayuda considerablemente a que se convierta en una fortaleza dentro de las producciones.

c) Integración aguas abajo: la principal tendencia que tiene el bagazo en Cuba hoy es la generación de energía eléctrica, por cuanto las producciones derivadas de este residual están muy deprimidas (tableros, furfural, entre otras), por ello cualquier iniciativa por agregar nuevos valores y productos a partir de residuales es bienvenida, máxime cuando además de la producción propuesta se puede obtener glucosa que aumenta el valor agregado de la propuesta y sirve de materia prima para otras producciones deficitarias, a su vez por la falta de esta, dígase sorbitol y demás prestaciones que trae consigo a las industrias farmacéuticas, biomédicas y cosméticas, la propia D-Xilosa que se transforma en Xilitol mediante su fermentación empleando la levadura *Candida guilliermondii*. (Nápoles, 2005)

d) Internacionalización: asegurar las posibilidades que brinda la nueva ley de inversión extranjera en el país que puede abrir nuevos campos mercantiles.

e) Concentración: buscar alianzas con otras empresas del territorio que hagan más fuerte la propuesta, por ejemplo entre fábricas de azúcar no diversificadas.

Luego se pregunta si cumple con estos cinco aspectos, si la respuesta es si, se pasa a la siguiente etapa.

La tercera herramienta: existe una demanda anual de producción de xilitol que varía entre 20.000 y 40.000 toneladas por año (t/año) usando la D-Xilosa como materia prima para esta producción. Los productos Xilosa y Glucosa también poseen una amplia demanda en el mundo por su uso fundamentalmente biomédico, y en Cuba en particular la producción de glucosa es altamente sensible al poseer el país una planta de sorbitol al 10 % de su capacidad instalada, por la falta de glucosa. (González y col., 2011).

La cuarta herramienta: no hay experiencia en producción de D-Xilosa y Glucosa a partir de bagazo, pero la entidad si está en condiciones de aplicar los principios de calidad total por tener fuertes alianzas con organismos rectores en gestión y formación del conocimiento.

Es favorable contar con la experiencia, la tecnología, las restricciones y oportunidades que brinda integrar la producción de Xilosa y Glucosa a una fábrica de azúcar produciendo.

La tecnología usada para la obtención de D-Xilosa es la reportada en la literatura (Villalba y col., 2011) y es la propuesta que se simula en esta investigación, las restricciones para su implementación no están precisamente en las materias primas que por ser de uso renovable no escasean en el país y sí en el equipamiento tecnológico que no existe, por no

contar el país con plantas para estas producciones, por tanto es de vital importancia que la implementación de esta sea en una fábrica anexa al ingenio para poder tomar de ahí algunas de las facilidades auxiliares que brinda una integración aguas abajo en este tipo de procesos, dígame entonces, agua, electricidad, energía (vapor), disminuir los costos de transportación por concepto de materia prima (bagazo) y en caso de parada de la planta por cualquier causa, no se deterioren las materias primas pues seguirían su uso habitual en el ingenio en cuestión.

Por otra parte esta integración aumentaría el valor agregado de las producciones en la fábrica anexa, aumentando su diferenciación y competitividad en el mercado, elevando la rentabilidad de las operaciones económicas y avanzando hacia un programa de tecnologías más limpias en la producción. Por ejemplo el bagazo exhausto que sale del filtro se puede utilizar para la producción de alcohol, tableros aglomerados, papel entre otros, y el hidrolizado rico en D-Xilosa puede ser procesado luego, tanto de forma química como mediante la ruta fermentativa, para obtener un alcohol de gran importancia, el xilitol, mientras que la glucosa puede ser usada como materia prima en la producción de sorbitol.

La quinta herramienta: aquí se calculan otros dos márgenes de utilidad: el Costo Total Directo (CTD), el Costo Total Indirecto (CTI) y el Capital Fijo Directo (CFD), según criterios de (Perry, 2008; Peters & Timmerhaus, 1991; Sinnott, 2005).

$$\text{CTD} = 5\,042\,000 \text{ U\$D} \quad // \quad \text{CTI} = 3\,076\,000 \text{ U\$D} \quad // \quad \text{CFD} = \text{CTD} + \text{CTI} = 8\,118\,000 \text{ U\$D}$$

La sexta herramienta: es el equipamiento principal utilizado, capacidad, precio. Las características del equipamiento necesario según los criterios de (Perry, 2008; Peters & Timmerhaus, 1991; Sinnott, 2005), se presentan en la Tabla 1.

Tabla Nº 1: Características del equipamiento necesario

| Equipamiento | Cantidad | Capacidad | Materiales | Costo U\$D |
|------------------------|----------|----------------------|------------------------|------------|
| Tanque Nº1 | 1 | 4 000 L | Plástico PVC reforzado | 15 000 |
| Reactor | 2 | 6 000 L | Acero inoxidable 316 | 450 000 |
| Tanque Nº2 | 2 | 9 000 L | Acero inoxidable 304 | 25 000 |
| Filtro rotatorio | 1 | 65 m ² | Acero al carbono | 60 000 |
| Columna aniónica | 3 | 2,8 m ³ | Acero inoxidable 316 | 10 000 |
| Tanque Nº3 | 1 | 7 500 L | Acero inoxidable 316 | 15 000 |
| Evaporador | 1 | 80 m ² | Acero inoxidable 316 | 30 000 |
| Columnas purificadoras | 2 | 0,6 m ³ | Acero inoxidable 304 | 20 000 |
| Tanque Nº4 | 1 | 2 500 L | Acero inoxidable 304 | 15 000 |
| Tanque Nº5 | 1 | 4 500 L | Acero inoxidable 304 | 20 000 |
| Bombas centrífugas | 4 | 45 m ³ /h | Acero inoxidable 316 | 2 000 |
| Accesorios y cañerías | - | - | Acero inoxidable 316 | 57 000 |
| Total | - | - | - | 719 000 |

Fuente: Elaboración Propia basada en Perry (2008); Peters & Timmerhaus (1991) y Sinnott (2005)

Debido a que en el país no se cuenta con una planta de producción de este tipo es necesario usar un simulador, para obtener la mejor variante de producción y una versión confiable de lo que sería el proceso de producción real.

Los criterios para simular el proceso con el software SuperProDesigner® 9.0, de la planta de D-Xilosa y Glucosa según datos técnico-económicos fueron:

- 2 600 t D-Xilosa / año // pureza 99,85% // 2,5 t D-Xilosa / lote // 13 h máximo / lote
- 2 260 t glucosa / año // pureza 95% // 2 t glucosa / lote
- Precio de venta 2,47 U\$D / kg D-xilosa (Gonzalez; 2014)
- Precio de venta 5,50 U\$D / kg glucosa (Gonzalez; 2014)
- La planta operará unas 7 800 horas/año, empleando 1 mes/año para efectuar las operaciones de mantenimiento, limpieza, reparaciones de equipos e instalaciones auxiliares, etc. También poseerá un laboratorio físico-químico para llevar a cabo el control de calidad de los productos obtenidos e investigaciones. Dispondrá además de un taller de mantenimiento, instalaciones para almacenamiento de materias primas, insumos y productos, con una capacidad equivalente a 1 año de producción.
- Se asume un período de construcción de la planta de 12 meses, con 3 meses para efectuar su puesta en marcha, mientras que el tiempo de vida del proyecto será de 20 años. Se considera que la planta opera siempre a un 85 % de capacidad, con una depreciación anual constante del tiempo de vida del equipamiento del 2%.
- Toda la D-Xilosa y glucosa producida presenta la calidad requerida para ser comercializada como producto final, por lo que no se toman en cuenta los costos adicionales relacionados con el tratamiento de lotes defectuosos, los cuales hayan sido rechazados por no cumplir con los requisitos de calidad establecidos. Tampoco se tomaron en cuenta los costos asociados con el tratamiento de los residuos, tanto líquidos como sólidos, generados a lo largo del proceso de producción.
- Se consideraron otros costos tales como los relacionados con las operaciones de publicidad y ventas, el control de calidad, el consumo de electricidad adicional, la puesta en marcha y validación del proceso productivo, y la generación de proyectos de investigación y desarrollo, todos determinados como un % del Capital Fijo Directo (CFD).
- Por último se asume una tasa de interés promedio del 15 % para determinar el Valor Actual Neto (VAN), y un 30% de impuestos por concepto de ingresos.

Se usa además el procedimiento propuesto por Pérez, (2012) para el diseño de plantas químicas; en la Tabla 2 se presentan los índices de consumo y costos de materia prima e insumos necesarios para la producción de xilosa y glucosa.

Tabla N° 2: Materiales del proceso: consumo industrial y costo unitario

| Materiales | Consumo | Costo unitario |
|-----------------------|--|---|
| Bagazo | 7,80 t bagazo / t productos | 7,40 U\$D / t bagazo |
| Ácido sulfúrico (98%) | 0,14 t SO ₄ H ₂ / t bagazo | 250 U\$D / t SO ₄ H ₂ |
| Hidróxido de sodio | 0,16 t NaOH / t bagazo | 435 U\$D / t NaOH |
| Cloruro de sodio | 0,005 t NaCl / t bagazo | 42 U\$D / t NaCl |
| Agua cruda | 165 m ³ agua / t bagazo | 0,35 U\$D / m ³ agua |
| Petróleo | 2,50 t petróleo / t bagazo | 850,20 U\$D / t petróleo |
| Electricidad | 180 kW-h / t bagazo | 0,12 U\$D / kWh |

Fuente: Elaboración Propia

La séptima herramienta: ver si los productos xilosa y glucosa son compatibles con la empresa donde se elaborarán. Y evidentemente lo son, porque son todos azúcares.

- Primer filtrado:

La xilosa también llamada azúcar de madera es una pentosa que se obtiene a partir de frutas, bayas, vegetales y otros productos hemicelulósicos que contienen xilano según (<http://www.secretosparasalud.com/product/68024/xilitol>; 2009).

No se encuentra libre en la naturaleza, la misma es un producto intermedio, necesario para el metabolismo orgánico del reino animal y constituye uno de los ocho azúcares esenciales para la nutrición humana y animal. Es muy utilizada en la industria alimenticia para la producción de variados alimentos con destino a pacientes portadores de trastornos metabólicos como la Diabetes Mellitus (DM), y en el campo biomédico en general. En la industria farmacéutica es muy utilizada en la producción de pastas dentales para prevenir las caries, entre otros usos (<http://www.keywordSpy.com.es>; 2009).

La glucosa es el más común y abundante de los monosacáridos y constituye el más importante nutriente de las células del cuerpo humano debido a la energía que proporciona. Es una forma de azúcar que se encuentra libre en las frutas especialmente en las uvas, en la miel, en semillas (contando los cereales) y tubérculos. Su rendimiento energético es de 3,75 kcal/gr en condiciones estándar, por lo que es muy utilizado en la industria alimentaria donde se la conoce como dextrosa. Sirve como materia prima en la obtención de sorbitol, según (Martínez y col; 2002).

- Segundo filtrado:

El detalle del proceso de producción de la D-Xilosa y Glucosa a partir del bagazo de caña de azúcar se simuló con el software SuperPro Designer® 9.0, ver Figura 2.

El Pretratamiento del bagazo inicia el proceso con las operaciones de lavado, desmedulado y almacenado, luego sigue: la hidrólisis ácida, la filtración del hidrolizado, la neutralización del líquido filtrado, la concentración del líquido neutralizado, la purificación del líquido concentrado (licor), la purificación del licor y el almacenamiento de los productos.

A continuación se describen brevemente todas las operaciones enumeradas:

El lavado se efectúa debido a que los azúcares residuales aún presentes en el bagazo, fundamentalmente sacarosa, pueden crear problemas indeseables tales como el incremento del peso del material, y la obtención de un sustrato ideal para que ocurra el crecimiento de microorganismos durante su almacenamiento, ocasionando la degradación de una gran cantidad de componentes de interés. Por otro lado, la sílice contenida en el bagazo presenta propiedades abrasivas, lo cual crea dificultades adicionales durante su procesamiento.

El desmedulado se realiza ya que la granulometría presenta un papel importante durante las operaciones de impregnación y secado, así como también en la hidrodinámica del proceso global. También, el meollo contiene elevadas cantidades de cenizas, las cuales son transferidas al hidrolizado e interfieren en el proceso de purificación. La composición físico química del bagazo desmedulado se presenta en la Tabla 3.

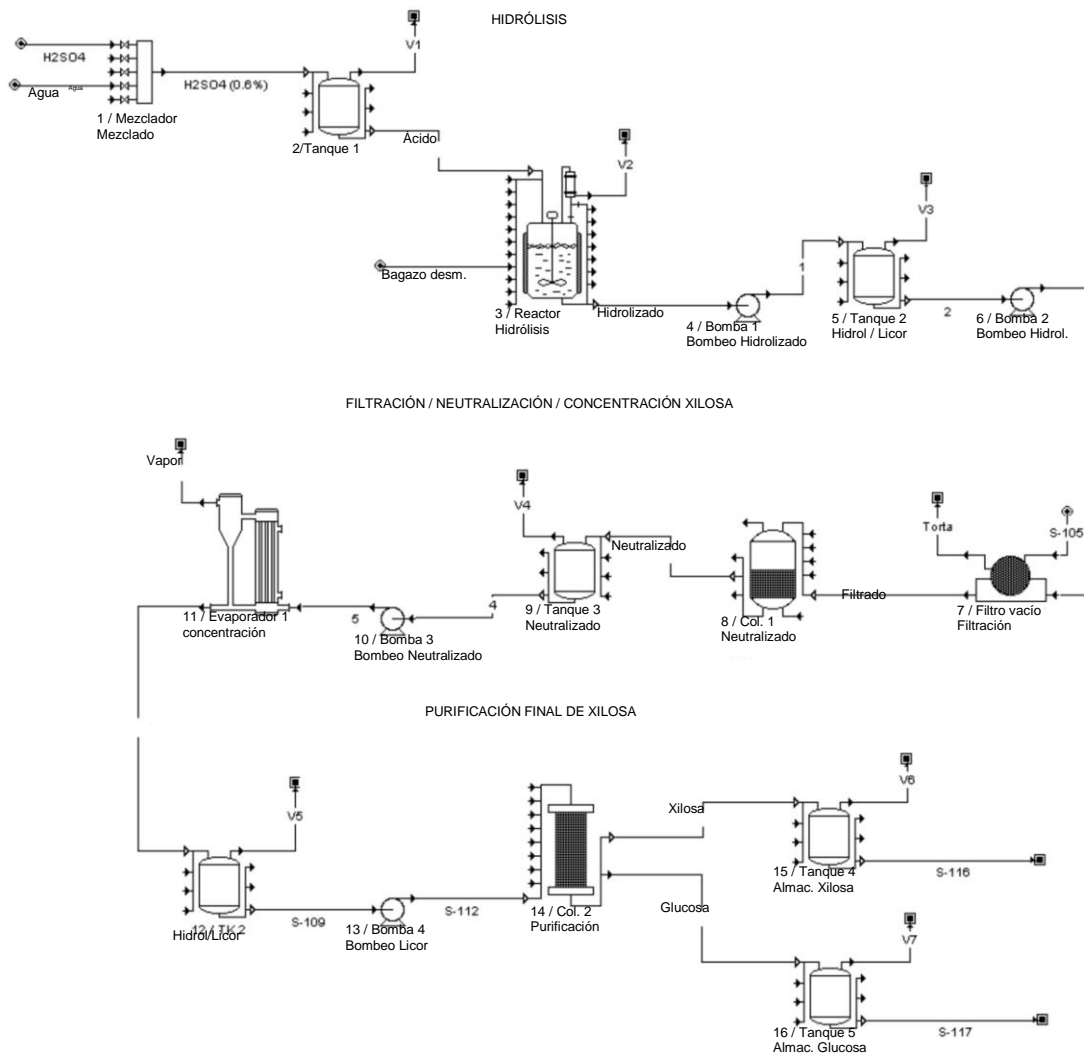


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de producción de D-Xilosa y Glucosa
 Fuente: Elaboración propia con el software SuperPro Designer® 9.0

El almacenamiento se realiza en silos bajo las condiciones requeridas.

Este pretratamiento puede realizarse en el propio ingenio, tal como ocurre en las centrales azucareras de Camilo Cienfuegos y Pablo Noriega.

Tabla N° 3: Composición del bagazo desmedulado

| Componente | % |
|-------------------------------------|------|
| Fibra | 70 |
| Humedad | 55 |
| Celulosa | 46,1 |
| Pentosanos | 26 |
| Lignina | 21,5 |
| Cenizas | 5 |
| Polisacáridos de fácil hidrólisis | 28 |
| Polisacáridos de difícil hidrólisis | 53 |

Fuente: Manual de los Derivados (ICIDCA; 2002)

La Hidrólisis: el bagazo desmedulado almacenado es enviado luego hacia la sección de hidrólisis, específicamente al reactor hidrolizador, empleando bandas transportadoras y tolvas. En esta etapa al bagazo, una vez en el interior del reactor, se le agrega una solución acuosa de ácido sulfúrico al 0,6% de concentración volumétrica, y a continuación se procede a calentar la mezcla obtenida (proceso de hidrólisis) empleando vapor saturado como agente calefactor, el cual circula por el interior de la chaqueta instalada en este equipo. La hidrólisis ocurre a 145–150°C durante 30 minutos, aproximadamente. Al finalizar este proceso se obtiene un líquido amarillo-verdoso, conocido como hidrolizado, el cual contiene mayormente xilosa, glucosa y arabinosa, aunque también presenta otros componentes tales como furfural, ácido acético y ciertos compuestos fenólicos. El otro producto obtenido durante este proceso es la celolignina, el cual puede ser utilizado como combustible.

La Filtración: el hidrolizado obtenido a la salida del reactor, el cual presenta un pH de 1,5–1,8, es bombeado hacia un tanque de almacenamiento intermedio, para entonces ser enviado hacia un filtro rotatorio al vacío, con el fin de eliminar las impurezas remanentes (torta) aún presentes en el líquido.

La Neutralización: una vez filtrado, el hidrolizado obtenido es alimentado hacia una batería de 3 columnas que contienen una resina de intercambio iónico débilmente aniónica, con el fin de incrementar el pH del mismo hasta un valor entre 5,0 y 5,5.

La Concentración: este hidrolizado neutralizado es almacenado en otro tanque de almacenamiento, y luego es alimentado hacia la etapa de concentración, en donde se lleva a cabo su concentración empleando un evaporador tubular de múltiple efecto, el cual utiliza vapor de agua como agente de calentamiento. A la salida de este equipo se obtiene una corriente líquida (licor concentrado) que presenta una concentración entre 45–50°Brix. El agua extraída durante la evaporación es almacenada en tanques para ser utilizada luego en

la etapa de hidrólisis, mientras que el licor concentrado es almacenado en un tanque cilíndrico, para luego ser enviado hacia la etapa de purificación.

La Purificación y el Almacenamiento final: en la etapa de purificación se emplean 2 columnas de intercambio iónico, una aniónica y otra catiónica, para separar y purificar la xilosa presente en el licor. A la salida de esta etapa se obtienen dos corrientes principales, una conteniendo xilosa (sirope de xilosa) con ciertas trazas de impurezas, y otra con una alta concentración de glucosa. Ambos productos son almacenados en sendos tanques de acero inoxidable, provistos de enfriamiento.

Se pasa a una etapa de seguimiento donde se realiza un análisis detallado del mercado y de la comercialización, del procesos de producción, evaluación cuidadosa de otros factores relevantes como accesibilidad a materias primas, disposiciones oficiales, efectos sobre la competencia, flujos de fondos, etc., se presentan luego las cartas del producto, así como el perfil descriptivo del producto.

La octava herramienta es el análisis de entrada al negocio: aparecen entonces siete estrategias fundamentales por preguntar como son: desarrollo interno, adquisición, licenciamiento, generación interna, joint-venture, inversión societaria, incorporación de expertos; se pregunta ahora si cumple con estas estrategias: esta propuesta es ideal como desarrollo interno para la empresa y también factible de entrar al negocio.

Como es esta herramienta es positiva, entonces esta propuesta es una oportunidad de negocio empleando bagazo como materia prima principal del proceso de producción.

Productos finales: se obtendrán: D-xilosa al 99,85% y glucosa al 95%. Las características de estos productos según (Nápoles; 2005) y (Perry; 2008), aparecen en la Tabla 4.

Tabla N° 4: Características de los productos puros

| | D-Xilosa | Glucosa |
|------------------------|---|---|
| Fórmula molecular | C ₅ H ₁₀ O ₅ | C ₆ H ₁₂ O ₆ |
| Peso molecular (g/mol) | 150,13 | 180,16 |
| Densidad relativa | 1,535 | 1,544 |
| Punto de fusión (°C) | 153–154 | 146 |

Fuente: Perry 2008

Se propone la producción de D-xilosa y glucosa a la malla de productos químicos en el diagrama de la Figura 1.

Se determina la ruta química para el proceso de obtención de D-xilosa y glucosa a partir del bagazo de caña de azúcar. Las etapas de la ruta química se presentan en la Figura 3.

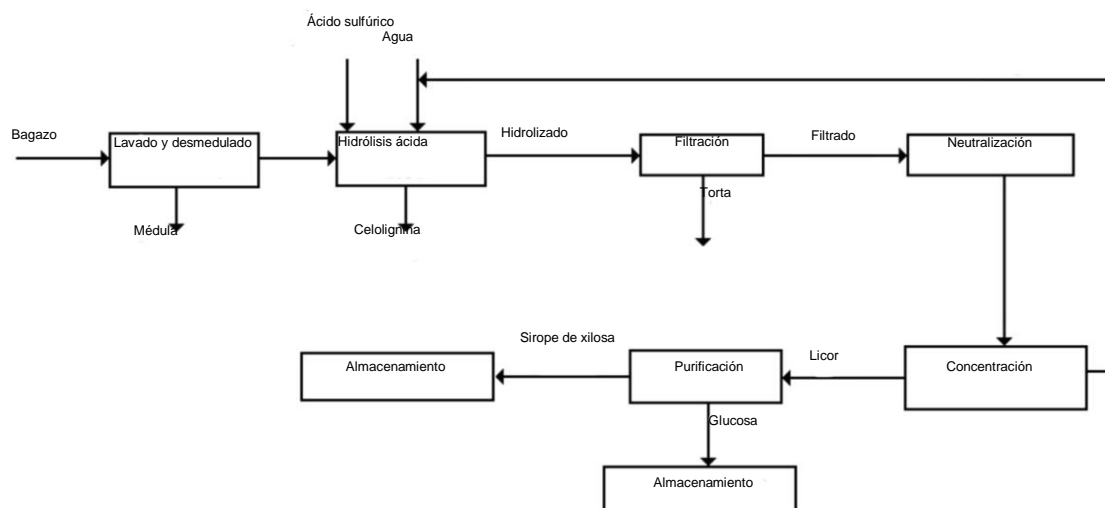


Figura N° 3: Diagrama del proceso de producción de D-xilosa y glucosa a partir del bagazo
Fuente: ICIDCA 2000 y González 2014

Se ordenan las inversiones de forma lógica, teniendo el criterio de la incertidumbre en la demanda de la materia prima.

Incertidumbre en la disponibilidad de la materia prima.

Se presenta en la Tabla 5 una proyección de 10 años de la disponibilidad de caña de azúcar a moler de acuerdo a Badea 1987 y González 2002.

Tabla N° 5: Proyección de la disponibilidad de materia prima y otros indicadores dinámicos de la producción de xilosa

| Año | Caña a moler t/año | Xilosa t/año | Ganancia total U\$D | % Retorno Inversión | Amortización años | VAN U\$D | TIR % |
|------|--------------------|--------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------|-------|
| 2018 | 318 378 | 79 884 | 183 787 000 | 34,45 | 2,90 | 76 806 000 | 9,45 |
| 2021 | 504 360 | 125 029 | 287 654 000 | 38,73 | 2,58 | 152 029 000 | 10,39 |
| 2014 | 710 947 | 174 786 | 402 128 000 | 41,52 | 2,41 | 252 914 000 | 11,17 |
| 2028 | 1 250 374 | 304 686 | 700 990 000 | 44,33 | 2,26 | 475 251 000 | 11,48 |

Fuente: Elaboración Propia según Badea; 1987 y González; 2002

Se prepara el cronograma de inversiones según consideraciones del desarrollo local donde se pretende desarrollar esta oportunidad de negocio:

Se pregunta si es factible el proyecto, esta factibilidad debe integrar de forma armónica los ya conocidos factores tradicionales técnico-económicos de Peters & Timmerhaus, (1991), los factores energéticos, ambientales y los riesgos tecnológicos.

En las Tablas 6 y 7 se resumen los valores de las principales partidas involucradas en el Capital Fijo Directo y Costos de Operación, respectivamente.

Tabla N° 6: Capital Fijo Directo (CFD)

| Partidas | en U\$D |
|---------------------------------|-----------|
| Costos Totales Directos (CTD) | |
| Costo adquisición equipamiento | 1 661 000 |
| Instalación | 891 000 |
| Tuberías | 332 000 |
| Instrumentación | 332 000 |
| Aislamiento | 166 000 |
| Instalaciones eléctricas | 415 000 |
| Edificios | 498 000 |
| Mejora de terreno | 249 000 |
| Instalaciones auxiliares | 498 000 |
| Total | 5 042 000 |
| Costos Totales Indirectos (CTI) | |
| Ingeniería | 504 000 |
| Construcción | 1 513 000 |
| Contingencias | 1 059 000 |
| Total | 3 076 000 |
| CFD = (CTD + CTI) | 8 118 000 |

Fuente: Elaboración Propia

Otros parámetros de operación calculados fueron:

- El tiempo de operación de la planta: 7 794,93 h / año
- El tiempo de duración del lote: 12,47 horas
- La cantidad de lotes procesados: 1 043 lotes / año
- La mano de obra total: 48 845 h/año

Tabla N° 7: Costos de Operación

| Partidas | U\$D/lote | U\$D/año | % |
|--------------------------------|-----------|------------|-------|
| Materias primas | 12 321 | 12 851 000 | 76,55 |
| Dependiente de la instalación | 1 375 | 1 434 000 | 6,15 |
| Mano de obra (salario) | 991 | 1 033 000 | 8,54 |
| Laboratorio/Control de Calidad | 248 | 258 000 | 1,54 |
| Gastables | 78 | 81 000 | 0,49 |
| Utilidades y Servicios | 115 | 120 000 | 0,72 |
| Misceláneas | 964 | 1 005 000 | 5,99 |
| Otros | - | 4 000 | 0,02 |
| Costo Total de Operación (CTO) | 16 091 | 16 786 000 | 100 |

Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, en la Tabla 8 se presentan los principales indicadores globales del proyecto: Inversión, Ganancias e Indicadores dinámicos, calculados y ajustados con software específicos, los cuales están relacionados directamente con la factibilidad técnico-económica del proyecto inversionista propuesto.

Tabla Nº 8: Inversión, Ganancias e Indicadores dinámicos

| Inversión | en U\$D |
|--|----------------|
| Inversión total | 9 934 000 |
| Inversión asignada a este proyecto | 8 309 000 |
| Ganancias y otros | en U\$D |
| Ganancia por venta de D-xilosa / año | 6 485 000 |
| Ganancia por venta de glucosa / año | 12 418 000 |
| Ganancias totales / año | 18 903 000 |
| Ganancias totales en bruto / año | 2 116 000 |
| Ganancias totales netas / año | 3 322 000 |
| Costo de operación / año | 16 787 000 |
| Impuestos (30 %) | 635 000 |
| Margen de ganancias brutas (en %) | 11,20 |
| Retorno de la Inversión (en %) | 39,99 |
| Indicadores dinámicos | |
| Período de Retorno de Inversión (PRI) | 2,49 años |
| Tasa Interna de Retorno (TIR) | 16,33 % |
| Valor Actual Neto (VAN) con 6% interés | 7 722 000 U\$D |

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 8, se necesitarán alrededor 8 309 000 U\$D para llevar a cabo la construcción, montaje y puesta en marcha de una planta que produzca 2 600 t D-Xilosa/año y 2 260 t glucosa/año a partir de la hidrólisis ácida del bagazo de caña de azúcar. Los indicadores dinámicos del análisis económico fueron favorables con un PRI de 2,49 años, una TIR de 16,33 % y un VAN de 7 722 000 U\$D; la ganancia neta calculada para el proyecto propuesto fue de 3 322 000 U\$D/año.

CONCLUSION

Se estableció una base metodológica mediante herramientas de Gestión de Desarrollo, Análisis Complejo de Procesos con apoyo de los software SuperPro Designer® 9.0, Statgraphics Centurión XVI y KeyWordSpy, para evaluar oportunidades de negocios en la industria azucarera.

Se diseñó y graficó un Diagrama Heurístico para aplicarlo como Procedimiento de evaluación a las propuestas de negocios en la industria azucarera.

La evaluación de la producción de D-xilosa y glucosa a partir de residuos de caña realizada con el Procedimiento guía establecido, presentó indicadores técnicos, económicos y ambientales satisfactorios para constituirse en una oportunidad de negocio viable en la industria azucarera cubana.

Finalmente quedó establecido un Procedimiento metodológico guía que tuvo un desempeño satisfactorio al evaluar una oportunidad de negocio en la industria azucarera existente.

REFERENCIAS

- Badea, L. y Cutcutache A. (1987). Simultaneous material and heat balances of a process system under conditions of uncertainty. B8. 28, CHISA'87, Praha.
- Cunningham R.E. (1997). *Análisis y Selección de Oportunidades de Negocio en la Empresa Moderna*. Buenos Aires, Argentina. Editorial CYTED
- Gonzalez, G. (2014). Diseño de una planta para la obtención del concentrado de xilosa y glucosa a partir del bagazo de caña. *Revista Centro Azúcar*, 41(2), pp. 12-21.
- Gonzalez, E. (2002). Los problemas de incertidumbre en el desarrollo diversificado integrado de la industria de la caña de azúcar. *Revista Centro Azúcar*, 29(4), pp. 54-62
- Gonzalez, E. (1991). *Aplicación del análisis complejo de procesos a la intensificación de diferentes industrias de Cuba*. Santa Clara, Cuba. Editorial UCLV.
- Gonzalez, E. (2005). *Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria química, fermentativa y farmacéutica*. La Habana, Cuba, Editorial Científico-Técnica.
- Gonzalez Suarez, E., Mesa Garriga, L., Benitez Pardillo, T., (2011). Estrategia para evaluar las alternativas de uso de la xilosa para obtención de xilitol o etanol. *Revista Centro Azúcar* 38(3), pp. 71-76.
- Heredia, R. (1995). *Dirección Integrada de Proyectos (DIP) - Project Management*. Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid.
- Hernández, T. J. P. (2008). *Estrategia para la evaluación tecnológica en la etapa exploratoria del Análisis Complejo de Procesos en plantas de gases industriales*. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba.
- ICIDCA Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (2000). *Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar*. La Habana, Cuba, Imprenta MINAZ.
- Intelligen SuperPro Designer® [cd-rom] Versión 9.0 (2013). Programa Informático. New Jersey: Intelligen Inc. <http://www.aliexpress.com/item-img/Intelligen-SuperPro-Designer-v9-0-Build-2-English-version/914782004.html>. [consultada el 20/10/2013]
- KeywordSpy. Disponible en www.keywordspy.com.es [consultada el 20/10/2009]
- Martinez, E. A., Villareal, L. M., Silva, J. A. (2002). Uso de diferentes materias primas para la producción biotecnológica de xilitol. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(5), 295-301.
- Napoles, A. I., Diaz, M., Acosta, E., Gonzalez, M., Manganelly, E. (2005) Tecnología del Proceso de Obtención de Licores de Xilosa a partir de Bagazo de Caña, para la Producción Biotecnológica de Xilitol. *Brazilian Journal of Food Technology*, volumen (9), 57-64.

- Oquendo, H. (2002). Alternativas de desarrollo prospectivo de los derivados de la caña de azúcar. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas. UCLV
- PDVSA Guía de Gerencia para Proyectos de Inversión de Capital (1999). Rapoport, A., Decision Theory and Decision Behaviour. MacMillan Press LTD. 1998, pp. 469.
- Perez, A. (2012). *Procedimiento metodológico para el diseño de procesos sostenibles de la agroindustria cubana*. Santa Clara, Cuba. Editorial UCLV
- Perry, R. H. (2008). *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. New York, United States of America, McGraw Hill Book Company.
- Peters, M. S.; Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York, United States of America, McGraw Hill Book Company
- Secretos para tu Salud. Disponible en www.secretosparatusalud.com/product/68024/xilitol [consultada el 10/08/2015]
- Sinnot, R. K. (2005) *Coulson & Richardson's Chemical Engineering: Chemical Engineering Design*. Oxford, United Kingdom, Butterworth-Heinemann.
- Villalba, M., Vélez, T., Arias, M., & Arrázola, G. (2011). Producción de Xilitol a Partir de Cascarilla de Arroz Utilizando *Candida guilliermondii*. *Rev.Fac.Nac.Agr.Medellín*, 62(1), 4897-4905.

RESUMEN BIOGRÁFICO

Glenia Rabassa Olazábal

Máster en Tecnología de la Producción Azucarera. Dra. en Ciencias Técnicas egresada de la Univ. Central de Las Villas, Cuba.
Prof. Auxiliar e Investigadora del Dpto. de Ing. Química, Fac. de Cs. Aplicadas a la Industria, Univ. de Camagüey, Cuba.

Erenio González Suárez

Dr. en Ciencias Técnicas y Dr. en Ciencias. Postdoctor en Gestión Ambiental y Seguridad Industrial egresado de la Universidad de Magdeburg, Alemania. Miembro de Mérito de la Academia de Ciencias, Cuba.
Premio Nac. De Ing. Química 2013 de la Asoc. de Química, Cuba. Prof. Titular e Investigador en el Dpto de Ing. Química, Fac. de Química-Farmacía, Univ. Central de Las Villas, Cuba.

Amaury Pérez Sanchez

Dr. en Ciencias Técnicas egresado de la Universidad Central de Las Villas, Cuba. Prof. Instructor e Investigador en el Dpto de Ing. Química, Fac. de Cs. Aplicadas a la Industria, Univ. de Camagüey, Cuba.

Juan Esteban Miño Valdés

Esp. en Produc. y Ambiente. MSc. en Tecnol. de Alim. Dr. en Ciencias Técnicas y Postdoctor en Gerencia de la Ciencia y la Innovación egresado de la Univ. Central de las Villas, Cuba.

Amaury Pérez Martínez

MSc. en Análisis de Procesos de la Industria Química. Dr. en Ciencias Técnicas egresado Univ. Central de las Villas, Cuba.

*Rabassa Olábazal, Glenia; Gonzalez Suarez, Erenio; Perez Sanchez, Amaury;
Miño Valdez, Juan Esteban; Perez Martinez, Amaury*

Prof. Titular e Investigador en el Dpto de Ciencias de la Tierra, Fac. de Ingeniería, Univ. Estatal Amazónica, Ecuador; y en el Dpto de Ing. Química, Fac. de Cs. Aplicadas a la Industria, Univ. de Camagüey, Cuba.