

AUTORES
AUTHORS

✉ **Ana Irene Nápoles SOLENZAL**
Manuel Díaz de los RÍOS
Ernesto Acosta MARTÍNEZ
Mercedes González BUENO
Edilberto Manganelly SANTANA

ICIDCA, Vía Blanca 804 y Carretera Central,
Apartado Postal 4026, C.Habana,
e-Mail: anaire@icidca.edu.cu

RESUMEN

Se ofrece la tecnología y descripción técnica - económica de obtención de licores de xilosa pura a partir de la hidrólisis del bagazo de caña de azúcar, a un costo de producción unitario de 458,34 \$/ton. La TIR de 64,30% y el retorno de la inversión de 2,83 años.

El objetivo del trabajo ha sido desarrollar la tecnología del proceso para la obtención de licores de xilosa y elaborar la estrategia de operación para el establecimiento de una Planta Industrial de xilosa, materias prima necesaria para la producción de xilitol, producto que se cotiza en el mercado mundial a razón de \$8 000/ton.

El xilitol es un azúcar alcohol de elevado poder edulcorante, anticariogénico y cariostático, sustituto de azúcares para diabéticos, este producto tiene gran importancia económica y social por su aplicación en las industrias farmacéutica, química, odontológica y alimentaria.

Su producción esta concebida para 32 t/día de licores de xilosa, en 300 días de trabajo.

La planta esta concebida como una empresa industrial independiente, que dispone de los servicios y facilidades necesarias para su operación.

El proceso consta de los pasos siguientes: hidrólisis, neutralización, concentración y purificación de los siropes de xilosa. La calidad de los siropes de xilosa obtenidos mediante este proceso cumple con los requerimientos establecidos para su posterior bioconversión o hidrogenación catalítica.

El proceso propuesto fue simulado en estado estacionario con el empleo de Microsoft Excel, por lo que se facilita la evaluación de diversas alternativas técnico-económica, así como condiciones de operación

PALABRAS CLAVE
KEY WORDS

Sidra espumosa, fermentación
alcohólica, cepa de levadura.

1. INTRODUCCIÓN

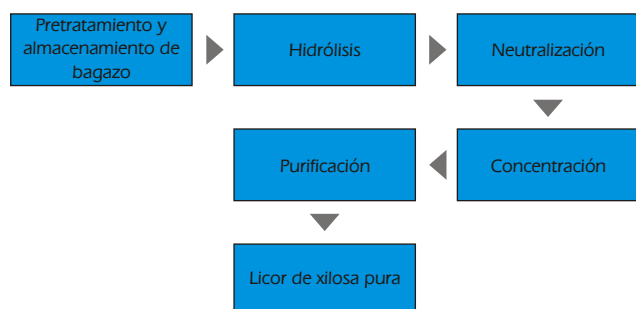
La diversificación de la Agroindustria del sector cañero ha definido una estrategia de desarrollo, el intercambio entre países de América Latina y el Caribe para la integración de la producción azucarera y de sus derivados. Dentro de esta se encuentra el bagazo de la caña de azúcar que representa aproximadamente el 22% de la caña de azúcar, el cual puede ser utilizado como materia prima para la obtención de hidrolizados ricos en xilosa, materia prima para la producción de xilitol (Nápoles, A.I., y col., 1993, 1996).

El xilitol es un pentitol de cinco carbonos, azúcar polialcohol o polioliol, que se ha encontrado en la naturaleza en frutas, bayas y vegetales (Hollman, S., et al., 1956), el xilitol que se comercializa actualmente se fabrica a partir de la xilosa extraída del xilano de las hemicelulosas de productos forestales y agrícolas. Es una sustancia pura, semejante en estructura y propiedades a la del producto natural.

Su dulzor y contenido calórico son iguales a los de la sacarosa, es dos veces más dulce que el sorbitol y casi tres veces más dulce que el manitol (Albert, Bard), dos sustitutos del azúcar muy comúnmente usados.

En el ICIDCA se han realizado investigaciones de sacarificación de bagazo y otros residuos de la cosecha cañera a escala de laboratorio y planta piloto con resultados satisfactorios (Nápoles, A. I., y col. 1981, 1982, 1987, 1993, 1998., Ocampo, G., y col., 1979) y en el año 1974 se realizó en el Combinado de Kirof Bulgaria, una prueba industrial con bagazo cubano donde quedó demostrada la factibilidad técnica del proceso de sacarificación de bagazo (Ocampo, G., 1974).

1.1 - Etapas del Proceso Tecnológico



El proceso propuesto fue simulado en estado estacionario con el empleo de Microsoft Excel, por lo que se facilitó la evaluación de la alternativa técnico-económica, así como condiciones de operación. El mismo consta de las siguientes etapas tecnológicas:

- Pretratamiento y almacenamiento del bagazo.
- Hidrólisis del bagazo.
- Neutralización del hidrolizado hemicelulósico de bagazo.
- Concentración del hidrolizado.
- Purificación del licor de xilosa.

1.2 Pretratamiento y almacenamiento del bagazo.

La caña de azúcar es un cultivo de campo, contiene de 5 a 15% de suciedad y cenizas antes de arribar al ingenio, parte de la cual pasa al bagazo. Estas son mayores cuando se emplea la mecanización, haciendo que la remoción de las mismas sea más difícil.

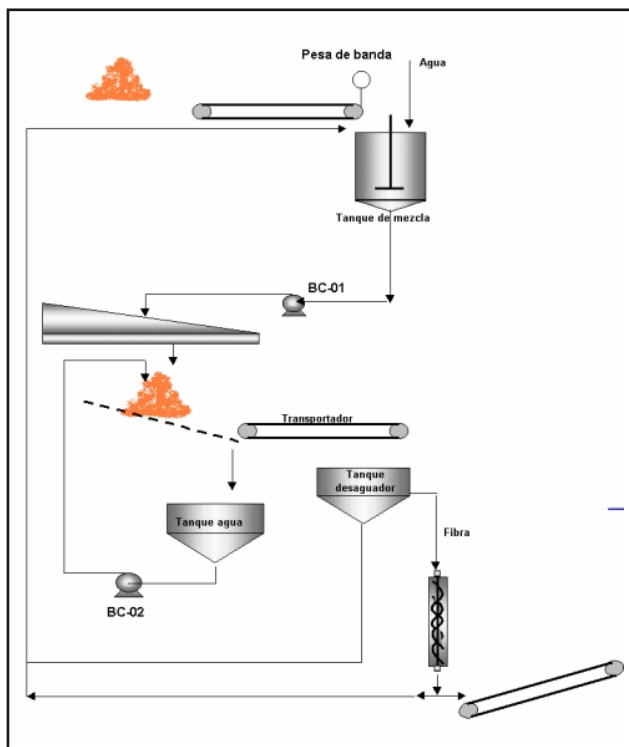
La sílice que contiene el bagazo hace que sea un material con cierto grado de abrasividad lo cual crea dificultades adicionales durante el proceso.

Por su parte los azúcares residuales (sacarosa) en una proporción de 2 a 3% crean problemas como es el incremento en peso del material y la formación de un sustrato rico para el crecimiento de los microorganismos durante su almacenamiento, causando la degradación de los componentes de interés para el proceso. Por estas razones es necesario realizar el lavado de la fibra.

En su composición morfológica (Bagazo, Manual de los Derivados), se encuentran presentes la fibra, el meollo y la fracción de finos y solubles. Para su utilización en este proceso es necesario utilizar bagazo desmeollado ya que la granulometría juega un papel importante en las operaciones de impregnación, secado y en las características hidrodinámicas. El meollo posee alto contenido de cenizas que pasan al licor e interfieren grandemente en el proceso de purificación.

Se propone que el proceso de desmeollado sea realizado en el propio ingenio como está establecido en el Central Uruguay y Pablo Noriega, en esta etapa la médula separada puede unirse con el bagazo integral o la celolignina residual de este proceso y utilizarse como combustible.

1.3 - Area de preparación de bagazo.



1.4 Hidrólisis ácida.

Durante la hidrólisis tiene lugar la reacción de formación de los azúcares. Parte de la ceniza que aun contiene el bagazo pasa a la solución así como la lignina soluble, todas estas sustancias se disuelven en medio ácido (Nápoles, A.I. y col.,1987) La solución obtenida recibe el nombre de hidrolizado, el cual es un liquido amarillo verdoso, sus principales componentes son los azúcares: xilosa, glucosa y arabinosa, otros componentes que se forman son el furfural, ácido acético, y compuestos fenólicos los cuales son nocivos al proceso de hidrogenación catalítica de la conversión de xilosa a xilitol. El otro producto que se obtiene es el residuo llamado celolignina, el cual puede ser utilizado como combustible del propio proceso.

1.5 Hidrólisis ácida.

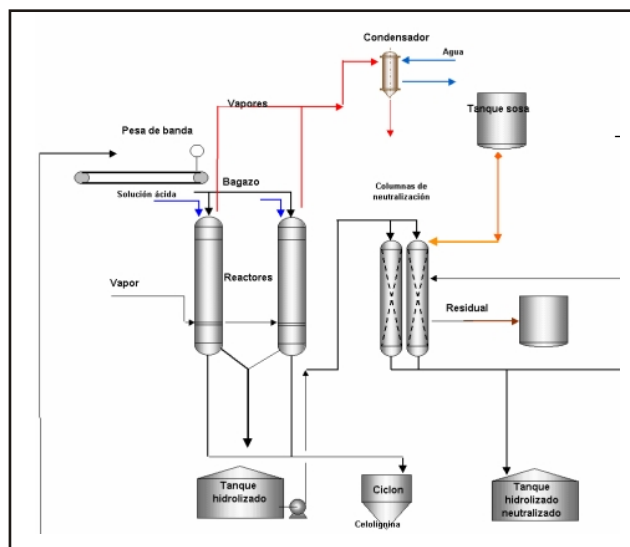
Durante la hidrólisis tiene lugar la reacción de formación de los azúcares. Parte de la ceniza que aun contiene el bagazo pasa a la solución así como la lignina soluble, todas estas sustancias se disuelven en medio ácido (Nápoles, A.I. y col.,1987) La solución obtenida recibe el nombre de hidrolizado, el cual es un liquido amarillo verdoso, sus principales componentes son los azúcares: xilosa, glucosa y arabinosa, otros componentes que se forman son el furfural, ácido acético, y compuestos fenólicos los cuales son nocivos al proceso de hidrogenación catalítica de la conversión de xilosa a xilitol. El otro producto que se obtiene es el residuo llamado celolignina, el cual puede ser utilizado como combustible del propio proceso.

El bagazo es alimentado al reactor por medio de una tolva la cual se encuentra colocada a la boca de estos. Finalizada la carga se cierra la tapa superior y se termina de adicionar la solución ácida acorde con el hidromódulo fijado y a la concentración de ácido establecida. Para ello el ácido sulfúrico es transportado desde un tanque a los reactores a través de una bomba de desplazamiento positivo, pero antes se debe pasar por el filtro con el objetivo de eliminar posibles partículas extrañas. El agua desmineralizada almacenada en tanques, proveniente de los evaporadores es bombeada hasta los reactores donde se alimenta conjuntamente con el ácido sulfúrico hasta alcanzar el hidromódulo requerido.

Terminada la carga se realiza el calentamiento con vapor saturado de la masa hasta la temperatura de trabajo. La hidrólisis del bagazo se realiza en fase estacionaria durante el tiempo establecido y la celolignina residual se lava para recuperar los azúcares que han quedado en ella así como para eliminar el ácido residual, la celolignina es descargada hacia los ciclones.

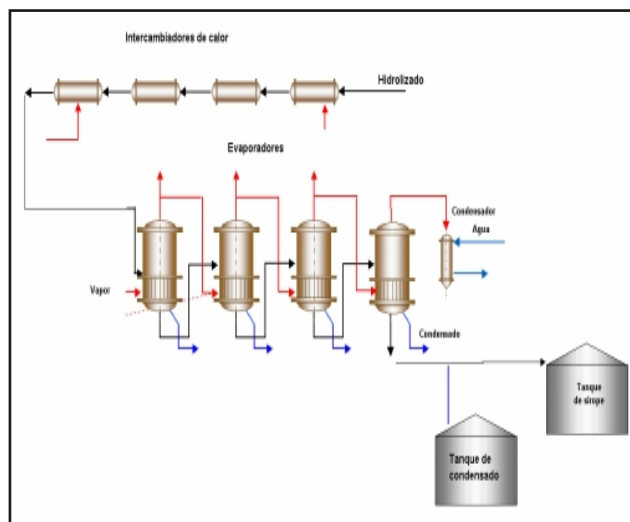
1.6 Neutralización del hidrolizado.

El hidrolizado almacenado en tanques intermedios es enviado al proceso de neutralización donde se eleva el pH hasta 5,5 - 6,0. Para esto se utiliza una batería de columnas rellenas con resinas de intercambio iónico débilmente anionica en forma OH-, los hidrolizados neutralizados son enviados a tanques y de aquí son enviados hacia la siguiente etapa.



1.7 Concentración del hidrolizado.

La concentración de los hidrolizados se realiza en evaporadores múltiple efecto la concentración es elevada hasta 45-50o Bx, utilizando vapor directo, el agua extraída es almacenada en tanques y luego es utilizada para el proceso de hidrólisis, los licores concentrados son almacenados en tanques.



1.8 Concentración de los hidrolizados.

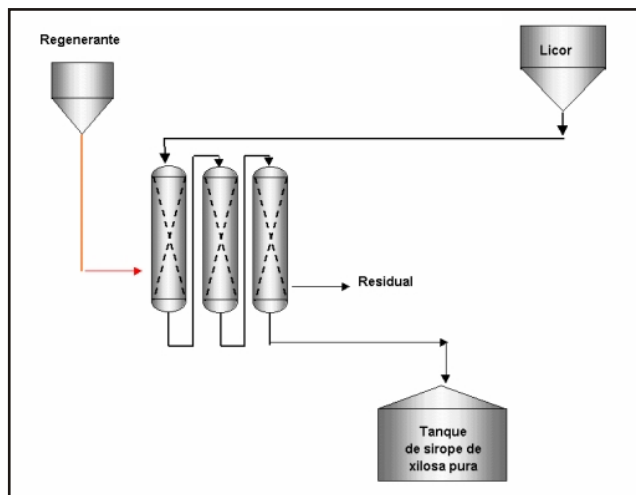
La concentración de los hidrolizados se realiza en evaporadores múltiple efecto la concentración es elevada hasta 45-50o Bx, utilizando vapor directo, el agua extraída es almacenada en tanques y luego es utilizada para el proceso de hidrólisis, los licores concentrados son almacenados en tanques.

1.9 Purificación de los hidrolizados.

Los licores concentrados son enviados a la etapa de

purificación, la cual se realiza mediante columnas rellenas con resinas aniónicas y cationicas. Esta es la última etapa, la cual es muy importante ya que es necesario obtener un sirope de xilosa puro el cual debe cumplir los requisitos para su posterior bioconversión o hidrogenación catalítica.

1.10 - Purificación del licor de xilosa.

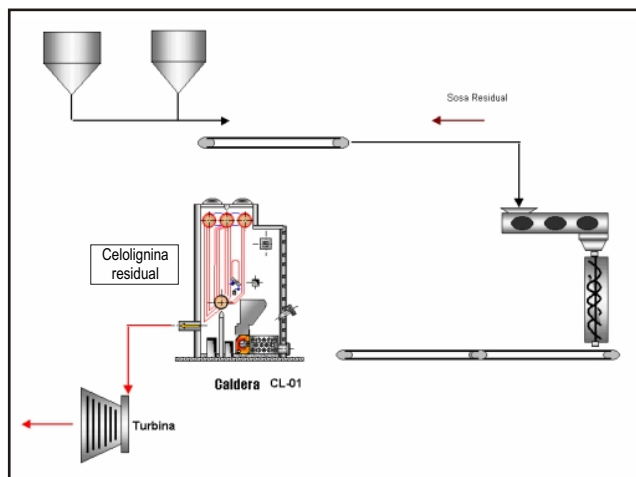


1.11 Tratamiento de la celolignina.

Para el tratamiento de la celolignina se necesitan dos ciclones para recibir la celolignina extraída de los reactores, la cual se descarga a un conductor que lo lleva hacia la caldera. El soplado de la celolignina se realiza a una presión de 8 Kg. / cm.2. Los tubos de entrada al ciclón deben ser de acero inoxidable preferiblemente de 5 mm de espesor. Posee además en su interior paletas que arrastran la celolignina por los orificios de salida hacia la banda.

El Tornillo extrusor se encarga del lavado de la celolignina residual con solución de sosa, (para neutralizar esta), la celolignina será mezclada con meollo y alimentada a la caldera para generar el vapor necesario para el proceso.

1.12 - Una turbina.



2. CARACTERÍSTICAS DE PRODUCTOS Y MATERIALES

El hidrolizado y el sirope de xilosa tendrán las especificaciones de calidad que se muestran en la Tabla I.

En la Tabla III se muestran los servicios y facilidades auxiliares necesarias para el proceso.

La planta de xilosa tendrá un laboratorio químico donde se realizará el control del proceso y determinara la calidad de los productos.

Al bagazo se le determinará: % de fibra, % humedad, % celulosa, % pentosanos, % lignina, % cenizas minerales, solubles en agua caliente. Cantidad de arena, piedras y cuerpos minerales.

A los hidrolizados ácidos, neutralizado y sirope final: % ácido acético, % cenizas, contenido de azúcares (g/L) por HPLC, pH y Bx, % de furfural, % sólidos totales y % lignina, al hidrolizado ácido y al sirope final además el Color ICUMSA.

Al agua de lavado: Contenido de azúcares (g/L) por HPLC, Bx y pH.

A la celolignina: % humedad, % pentosanos, % cenizas y pH.

Se dispondrá de un taller para prestar servicios de mantenimiento así como de almacenes para el almacenamiento de las materias primas, materiales, piezas y equipos de repuesto.

El sistema de automatización de la planta estará basado en el empleo de controladores programables también llamados autómatas y de microcomputadoras en el nivel superior, equipados ambos con accesorios de programación e interfaces para la adquisición de datos con el objetivo de optimizar el comportamiento del proceso tecnológico.

Al mismo tiempo el sistema será capaz de mostrar toda la información necesaria para que el operador pueda

Tabla I Especificaciones del hidrolizado y sirope de xilosa.

PROPIEDAD	HIDROLIZADO	LICOR DE XILOSA
PH	1,5 - 1,8	6 - 6,5
Brix	2.5 - 3	45 - 50
Xilosa (g/L)	20 - 23	456 - 460
Glucosa (g/L)	1,5 - 2,0	25 - 30
Arabinosa (g/L)	1,3 - 1,8	3 - 6
Furfural (%)	0,06 - 0,16	< 0,05
Acido acético (%)	0,3 - 0,35	0,3 - 0,5
Cenizas (%)	0,3 - 0,41	Trazas
Sólidos totales (g)	2,8 - 3,8	45 - 50
Color ICUMSA (unid.)	19 000 - 23 000	70 - 80

Las características del bagazo se muestran en la Tabla II.

cuando así lo requiera, tomar decisiones de acuerdo a las condiciones del proceso y actuar de tal forma que pueda corregir cualquier desviación. Además se deberá poder obtener de forma on line una base de datos de las variables del proceso para su análisis y decisión.

La Tabla IV muestra la distribución de la fuerza de trabajo necesaria para la planta y la V la calificación de la fuerza de trabajo.

En la Tabla III se muestran los servicios y facilidades auxiliares necesarias para el proceso.

La planta de xilosa tendrá un laboratorio químico donde se realizará el control del proceso y determinara la calidad de los productos.

Al bagazo se le determinará: % de fibra, % humedad, % celulosa, % pentosanos, % lignina, % cenizas minerales, solubles en agua caliente. Cantidad de arena, piedras y cuerpos

Tabla II Características del bagazo de caña de azúcar

TIPO DE BAGAZO	DESMEOLLADO
% de fibra	70 - 72
% de humedad	70
% celulosa	48 - 52
% pentosanos	22 - 25
% lignina	20 - 25
% cenizas minerales	1 - 5
% solubles en agua caliente	2,5 - 4,5
% polisacáridos fácilmente hidrolizables	27
% polisacáridos difícilmente hidrolizables	52
Densidad en bulto (t/m ³)	0,1 - 0,14 (50% humedad)
Cantidad de arena, piedras y cuerpos minerales	< 0,05 (base bagazo seco)

Tabla III Servicios y facilidades auxiliares.

VAPOR SATURADO	4 BAR
Agua de enfriamiento	Tratada
Agua de proceso	Desmineralizada
Electricidad	110, 220 V y trifásica
Agua de pozo	potable y para trabajos en el laboratorio
Acido sulfúrico	Grado técnico 96% pureza
Acido clorhídrico	33% pureza
Hidróxido de sodio	Grado técnico
Agua alimentación a la caldera	Desgasificada y tratada

La planta de xilosa tendrá un laboratorio químico donde se realizará el control del proceso y determinara la calidad de los productos.

Al bagazo se le determinará: % de fibra, % humedad, % celulosa, % pentosanos, % lignina, % cenizas minerales, solubles en agua caliente. Cantidad de arena, piedras y cuerpos minerales.

A los hidrolizados ácidos, neutralizado y sirope final: % ácido acético, % cenizas, contenido de azúcares (g/L) por HPLC, pH y Bx, % de furfural, % sólidos totales y % lignina, al hidrolizado ácido y al sirope final además el Color ICUMSA.

Al agua de lavado: Contenido de azúcares (g/L) por HPLC, Bx y pH.

A la celolignina: % humedad, % pentosanos, % cenizas y pH.

Se dispondrá de un taller para prestar servicios de mantenimiento así como de almacenes para el almacenamiento de las materias primas, materiales, piezas y equipos de repuesto.

El sistema de automatización de la planta estará basado en el empleo de controladores programables también llamados autómatas y de microcomputadoras en el nivel superior, equipados ambos con accesorios de programación e interfaces para la adquisición de datos con el objetivo de optimizar el comportamiento del proceso tecnológico.

Al mismo tiempo el sistema será capaz de mostrar toda la información necesaria para que el operador pueda cuando así lo requiera, tomar decisiones de acuerdo a las condiciones del proceso y actuar de tal forma que pueda

Tabla IV Distribución de la fuerza de trabajo.

Area	Diario	En turno	Total
Producción	5	120	125
Laboratorio	2	8	10
Mantenimiento	5	16	21
Administración	14	12	26
Auxiliares de producción	4	16	20
Total	26	172	198

Tabla V Calificación de la fuerza de trabajo.

Calificación	Cantidad
Técnicos Universitarios	14
Técnicos medios	41
Administrativos	11
Obreros calificados	116
Obreros	16
Total	198

Tabla VI Propiedades del xilitol

FORMULA	C ₅ H ₁₂ O ₆
Peso molecular	152,15
Apariencia	Polvo cristalino blanco
Sistema cristalino	Estable rómbico
Olor	Inodoro
Carácter óptico	Inactivo
Rango del punto de fusión	92 96 ° C
Punto de ebullición	216 ° C (a 760 mm)
Solubilidad en agua (g/100 g de agua)	4 ° C: 122.3; 20 ° C: 164.4; 25 ° C: 185.4; 40 ° C: 287.4; 50 ° C: 402.4; 60 ° C: 570.5
Solubilidad en agua (g/100 g de solución)	4 ° C: 55.0; 20 ° C: 62.4; 25 ° C: 64.8; 40 ° C: 73.8; 50 ° C: 80.3; 60 ° C: 85.1
Densidad de la solución(% peso/peso)	10%: 1.03; 20%: 1.07; 40%: 1.15; 60%: 1.23
Absorción de humedad (4 días a tem. Amb.)	60% r.h.: 0.05% de agua
Dulzura relativa	Igual a la sacarosa, mayor que el sorbitol y el manitol
Calor de solución (calorías/g)	36.6
pH en agua	5.4 a 5.6
Índice de refracción a 25 ° C % peso/peso)	10%: 1.3476; 20%: 1.3628; 30%: 1.3783

Tabla VII Consumo de materias primas y productos

Materia prima	UM.	Índice de consumo	Precio unitario \$	Costo unitario \$	Costo total \$	% total
Bagazo integral	Ton	7,8	7,40	67,72	648,340.00	12,59
Acido sulfúrico 98%	Ton	0,14	185,00	25,82	245,324.30	5,63
CIH 33%	M ³	0,15	300,00	44,65	426,084.47	9,78
NaOH técnico	Ton	0,16	450,00	71,54	679,587.15	15,61
Cloruro de sodio	Ton	0,005	34.15	0,17	1,584.11	0,04
Agua cruda	m ³	137,10	0,09	10,87	104,124.17	2,39
Petróleo	Ton	2.08	95,08	147,49	1,876.307	43,09
Electricidad	Kw/h	174.37	0,02	3,03	28,826.93	0,66

Tabla VIII Resumen de los indicadores fundamentales.

INVERSIÓN	\$ 4,471,529.08
Costo de producción unitario	\$ 458.34
Tiempo de vida de la planta	15 años
Precio de venta unitario	\$ 800.00
Ganancia anual	\$ 3,246,107.36
Periodo de retorno de la inversión	2,83 años
TIR	64.30%

El precio de la xilosa (70 grados Brix en el Mercado es de 2642 \$/ton (Chory, 1998).

corregir cualquier desviación. Además se deberá poder obtener de forma on line una base de datos de las variables del proceso para su análisis y decisión.

	\$Costo total	% total
Salarios de operación	400,000.00	9,19
Seguridad social	44,444.44	1,02
Sub-total costo fijo	444,444.44	10,21
Costo total anual	\$4,354,692.64	100.00

La Tabla IV muestra la distribución de la fuerza de trabajo necesaria para la planta y la V la calificación de la fuerza de trabajo.

2.1 Evaluación técnico económica.

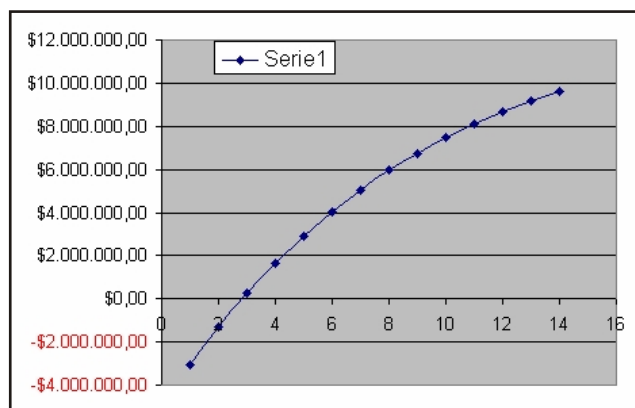
Se realizó el estimado de costo basándose en el consumo de las materias primas, productos químicos y costos

2.1 - Recuperación de la inversión

FLUJO DE CAJA SIROPE DE XILOSA

Valor de la inversión	\$4.471.529,08			Ganancia Anual: \$3.246.107,36	USD
Valor residual	\$22.357,65				
Tiempo de vida	15 años				
Año	1	2	3	4	5
Criterio de distribución anual	0,5	1	1	1	1
Ganancias brutas	\$1.623.053,68	\$3.246.107,36	\$3.246.107,36	\$3.246.107,36	\$3.246.107,36
Nuevos costos relevantes					
Promoción de nuevos productos y ventas	\$1.000,00	\$1.000,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Otros	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Costo total	\$1.000,00	\$1.000,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
UAIIDA (Utilidades brutas)	\$1.622.053,68	\$3.245.107,36	\$3.246.107,36	\$3.246.107,36	\$3.246.107,36
Depreciación	\$0,00	\$296.611,43	\$296.611,43	\$296.611,43	\$296.611,43
UAI	\$1.622.053,68	\$2.948.495,93	\$2.949.495,93	\$2.949.495,93	\$2.949.495,93
Impuestos (%)	35				
Impuestos	\$567.718,79	\$1.031.973,57	\$1.032.323,57	\$1.032.323,57	\$1.032.323,57
INGRESOS NETOS (IN)	\$1.054.334,89	\$1.916.522,35	\$1.917.172,35	\$1.917.172,35	\$1.917.172,35
" + Depreciación "	\$0,00	\$296.611,43	\$296.611,43	\$296.611,43	\$296.611,43
% de ejecución de la obra por año	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tierra	\$15.390,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Capital de trabajo	\$0,00	\$7.130,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
" - Inversión "	\$4.471.529,08	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Flujo de caja neto (FCN)	-\$3.432.584,19	\$2.206.003,78	\$2.213.783,78	\$2.213.783,78	\$2.213.783,78
Flujo de caja acumulativo	-\$3.432.584,19	-\$1.226.580,41	\$987.203,38	\$3.200.987,16	\$5.414.770,94
Año-Flujonetoacum/Flujoneto	0,00	2,56	2,55	2,55	2,55
SI(\$B29:\$O29<=0,1,0)	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
# de Columna	3,00				
Período de retorno sin descuento	2,55				
Tasa de descuento	12,00%				
Flujo de caja con descuento	-\$3.064.807,31	\$1.758.612,71	\$1.575.727,57	\$1.406.899,61	\$1.256.160,37
VAN	-\$3.064.807,31	-\$1.306.194,60	\$269.532,97	\$1.676.432,58	\$2.932.592,95
TIR	64,30%				
Año-Flujonetoacum/Flujoneto	0,00	2,74	2,83	2,81	2,67
SI(\$B39:\$O39<=0,1,0)	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
# de Columna	3,00				
Período de retorno con descuento	2,83				

fijos anuales necesarios para la producción de 32 toneladas de sirope de xilosa/día.



3. CONCLUSIONES

Se ofrece la tecnología del proceso de obtención de siropes de xilosa pura a 45-50°Bx. A un costo de producción de \$458.34.

La factibilidad de obtener siropes de xilosa/xilitol a partir de hidrolizados hemicelulósicos de bagazo abre nuevas posibilidades a la industria de los derivados de la caña de azúcar.

Con estas nuevas producciones de xilosa/xilitol se crearan fondos exportables, a la vez se producirán nuevos productos para la industria química y farmacéutica.

El proyecto no tiene problemas de liquidez, pues los saldos acumulativos de los flujos de caja para la planificación financiera son positivos.

El periodo de recuperación de la inversión es de 2,83 años.

5. BIBLIOGRAFÍA

Albert Bar. Xilitol. Bioresco Ltd. Bruselles, Belgian, p 349-367.

Bagazo. Manual de los Derivados de la Caña de azúcar. Segunda Edición. Colección Geplacea. Serie Diversificación. p 47 57. 1990

Bessler,K.:(1997),Biochemistry of xilitol. International Symposium, London.

Chory., (1998). Comunicación personal.

Dunning, N.,(1999), Global Business Manager xylitol, Cultor Food Science.

Hollman, S.; Touster, O.,(1956). Journal American Chemistry Society. 78. 3544.

Kratzl, K.;Silver Nogel, H.;Bassler, (1963), K.Naturwa. 50., 154.

Lois, C.,(1982), Sistemas y equipos de desmedulado en la industria del bagazo de la caña de azúcar. Editorial Científico-Tecnica. C.Habana, pp

Nápoles, A.I., y colaboradores I. (1981) Memorias de la 43 Conferencia de la ATAC. Vol. Derivados, 1ª parte p 77-80. C.Habana.

Nápoles, A. I. y colaboradores. (1982) Estudio de la prehidrolisis ácida del meollo a presión atmosférica con mezcla de ácidos en planta piloto experimental. Seminario ICIDCA. C. Habana.

Nápoles, A. I., López, P.R. (1987) "Hidrólisis y tratamientos químicos a materiales celulósicos". Editorial Científico Técnico. C. Habana.

Nápoles A.I., y colaboradores., (1993) .Obtención de siropes de xilosa y/o xilosa cristalina. Taller Escalado/93. Centro de Química farmacéutica. P11 . C.Habana. Cuba

Nápoles, A.I .,y colaboradores.,(1996), Revista ICIDCA, Vol.XXX, No.3, p38 46.

Nápoles, A.I., y colaboradores (1998) Aplicación de las resinas de intercambio iónico en los procesos upstream en hidrolizados de bagazo de caña de azúcar y su utilización en bioprocesos. II Symposium on Biochemical Engineering Science, Portugal.

Ocampo, G.; Et al. Informe acerca de la realización de los experimentos de hidrólisis química de bagazo cubano en el Combinado Hidrolítico Forrajero S.M. Kirov de Plevén, Republica Popular de Bulgaria. 1974.

Ocampo, G.; Nápoles, I.;Suarez,R.;Folleto 7. Seminario Internacional de los Derivados. Marzo, 1979. C.Habana.Cuba.

Scheen,A.;Makinen, K.;Ylitalo, K. Acta Odonto Scrand. 32 383 412 (1974).

Xyrofin (UK). Sweetness without Tooth Decay.1997