

# **EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA OPERACIÓN DE UN TANDEM PROCESANDO CAÑA AZUCARERA TRADICIONAL Y ENERGÉTICA**

**Oswaldo Romero Romero\*, Alberto Azaret Galí, Rolando Alfredo Hernández León y Héctor Pérez de Alejo Victoria,  
Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales.**

Recibido: Abril/2005

Aceptado: Julio/2005

El presente trabajo muestra los resultados de un estudio industrial para evaluar comparativamente los parámetros de proceso del área de extracción de jugo del central "Melanio Hernández" procesando variedades de caña azucarera y energética, con el objetivo de identificar las posibilidades tecnológicas de procesar estas últimas como materia prima al terminar la zafra. En el mismo se evalúa el comportamiento de los medios de transporte, la preparación de la caña, la extracción de los molinos, así como el Bx del jugo que se obtiene para el procesamiento de ambas variedades en pruebas industriales realizadas en esta fábrica, además se realiza un diseño experimental  $2^3$  para obtener el modelo de la humedad del bagazo procesando ambos tipos de variedades. Se obtienen como resultados más importantes que, aunque se produce una reducción del aprovechamiento de los medios de transporte cuando se utiliza caña energética, la cantidad de biomasa que se transporta es mucho mayor, mientras en el área de preparación y extracción el comportamiento del proceso es similar, obteniéndose modelos de humedad del bagazo similares para ambos tipos de variedades.

Palabras clave: Extracción, caña energética, cogeneración, modelo de humedad del bagazo

## ***COMPARATIVE EVALUATION OF THE OPERATION OF A TANDEM PROCESSING TRADITIONAL AND ENERGETIC SUGAR CANE***

The present work shows the results of an industrial study to evaluate comparatively the parameters of the process in the extraction of juice in the sugar factory Melanio Hernández processing traditional and energetic varieties of sugar cane, with the objective of identifying the technological possibilities to process these last ones as raw material when finishing the sugar season. A comparison of the transportation of both varieties is carried out, as well as, the preparation of the cane, the extraction of the mills, the Bx of the juice that is obtained processing the both varieties in an industrial tests, It is also carried out an experimental design  $2^3$  to obtain the model of the humidity of the bagasse processing both types of varieties. It's obtained as the most results, that although a reduction of the use of the means of transportation takes place when energy cane is used, the quantity of biomass, that is transported, it is much bigger, while in the preparation area and in the extraction the parameter of the process are similar, being obtained similar models of humidity of the bagasse for both types of varieties.

Key words: Extraction, energy cane, cogeneration, model of humidity of the bagasse.

(\*) Avenida de los Mártires # 360, CP 60100, Sancti Spiritus. Telef. 0053 41 2 77 68. E-mail. [osvaldo@suss.co.cu](mailto:osvaldo@suss.co.cu)

## INTRODUCCIÓN

Desde el año 1996 se comenzó a ejecutar un proyecto de investigación en la empresa azucarera “Melanio Hernández” por el Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales del Centro Universitario “José Martí Pérez”, de Sancti Spíritus y donde participan además, la propia fábrica “Melanio Hernández”, la destilería “Paraíso”, la EPICA y la Delegación Provincial del MINAZ y cuyo objetivo principal es proponer una tecnología que permita el desarrollo energético del país utilizando el bagazo como combustible para producir energía eléctrica durante todo el año en la industria azucarera.

El objetivo general del proyecto ha sido la búsqueda de un segundo combustible económicamente viable que permita continuar produciendo energía eléctrica después que termine la zafra azucarera y, específicamente, se propone la caña energética como materia prima a procesar después de la zafra, la que aportará el bagazo necesario para la generación de electricidad y el jugo a utilizar como sustrato en la fermentación alcohólica, pues estas variedades de caña cosechadas de forma integral contienen un 70 por ciento de bagazo y pueden llegar a producir hasta 60 toneladas de materia seca por hectárea anualmente. Este valor es superior a las 20 t/ha que reportan los bosques energéticos más eficientes, además contiene un 30 % de jugo, que usado para producciones de derivados aportaría un valor agregado considerable a la tecnología desarrollada, garantizando además una integración material y energética de las fábricas de azúcar y derivados todo el año.<sup>2,3</sup>

En la literatura nacional e internacional consultada no se encontraron referencias del uso de estas variedades con este objetivo, por lo cual el trabajo de investigación se inició sin ningún antecedente teórico. Sobre este particular uno de los principales cuestionamientos científicos a resolver por el equipo de investigadores fue demostrar si es factible o no procesar la caña energética con el equipamiento existente en la fábrica.

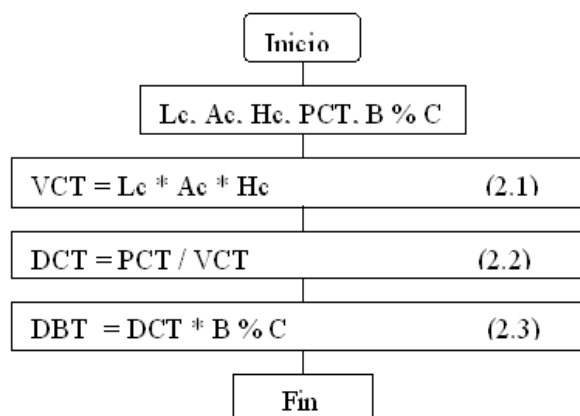
El objetivo del presente trabajo es brindar los resultados de un estudio comparativo realizado

en el tándem de la fábrica “Melanio Hernández” procesando caña azucarera y energética; en el mismo se informa sobre el comportamiento de los medios de transporte y de los molinos al utilizar ambos tipos de variedades.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Transporte de la caña

Para evaluar el comportamiento de los medios de transporte se realizaron mediciones de las cargas de caña en carros de ferrocarril y se determinó la densidad específica de la caña transportada según el diagrama de bloques siguiente:



Donde:

VCT: es Volumen de la caña transportada (M<sup>3</sup>),  
 Lc: es Largo de la carga (M),  
 Ac: es Ancho de la carga (M),  
 Hc: es Altura de la carga (M),  
 DCT: es Densidad de la caña transportada,  
 DBT: es la densidad del bagazo transportado,  
 PCT: es Peso de caña transportada y  
 B % C: es % de Bagazo de la caña determinado en el laboratorio.

### Preparación de la caña

Para comparar la preparación de la caña se tomaron muestras de la caña preparada y se determinó el índice de preparación, utilizando las mismas técnicas de muestreo y análisis del

laboratorio, para ambos tipos de variedades de caña.

### **Molida de la caña**

Para evaluar los resultados de la molida de la caña se realizaron corridas y se determinaron los valores de extracción en % de cada molino, consumo de potencia de los motores en el área de preparación de caña y de molinos, los valores de Bx del jugo primario y mezclado, la cantidad de agua de imbibición y el % añadido. Además, se realizó un diseño experimental factorial completo, para obtener el modelo de la humedad del bagazo en función de la molida, la presión de los molinos y la cantidad de agua de imbibición. Las variables a utilizar se seleccionaron atendiendo a los resultados reportados por Gómez <sup>1</sup>, quien al hacer un diseño experimental con superficie de respuesta en el Tándem del “Melanio Hernández” encontró que para la humedad del bagazo estas fueron las variables que entraron en el modelo. El diseño se realizó para dos niveles tanto a caña energética como azucarera; se fijaron los valores a nivel industrial y se tomaron muestras del bagazo para determinar la humedad; a cada experimento se le realizó una réplica. Con los resultados de los experimentos se obtuvo por regresión lineal utilizando el SPSS el modelo de la humedad en función de estas variables, además, utilizando el paquete Statistic se obtuvo el diagrama de contorno de la humedad para cada tipo de caña.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El gráfico 1 brinda información acerca de la relación entre el bagazo de la caña energética y la caña azucarera obtenida en los análisis de laboratorio realizados durante la prueba industrial; nótese que este valor es siempre mayor que 1 y se mueve entre 1,2 y 2, aproximadamente. Por su parte, los gráficos 2 y 3 expresan la densidad de caña y bagazo en los medios de transporte llenos. Puede observarse que aunque se puede transportar menos cantidad de caña, la cantidad de biomasa que llega al central es mayor cuando se transporta caña energética, demostrándose que las afectaciones en el transporte de materia prima serán mínimas.

Si se revisan los gráficos del 4 al 10, se observa el comportamiento de la preparación de la caña y la extracción en los molinos procesando los dos tipos de variedades, puede observarse que se obtiene un índice de preparación similar para ambas variedades, al igual que la extracción, el Bx del jugo, la humedad del bagazo y el consumo de potencia de los molinos, lo que demuestra que el Tándem puede asimilar la nueva materia prima, sin que ocurran grandes cambios en los resultados generales del área.

El diseño experimental <sup>23</sup> para determinar el modelo matemático de la humedad del bagazo, en función de la molida horaria, la cantidad de agua de imbibición y la presión de los molinos, permitió obtener los siguientes modelos matemáticos para ambos tipos de variedades.

*Caña azucarera:*

$$\text{Hdad} = 50,02 + 3,85 \times 10^{-4} (\text{molida horaria}) - 0,003 P$$
$$R^2 = 0,9979$$

*Caña energética:*

$$\text{Hdad} = 50,71 + 6,82 \times 10^{-4} (\text{molida horaria}) - 0,002 P$$
$$R^2 = 0,9990$$

Puede observarse que en ambos casos son incluidas las variables molida horaria y presión de los molinos en el modelo, lo que permite concluir que el tipo de variedad que se procese no influirá significativamente en los resultados de la humedad del bagazo, aunque las variaciones de la molida horaria con caña energética tendrán mayor influencia en la humedad del bagazo al ser dos veces mayor el coeficiente obtenido, lo cual es lógico, ya que la fibra es también dos veces mayor en estas variedades. Con los modelos obtenidos, se obtuvieron los diagramas de contorno de humedad a esperar cuando se combinan la molida horaria y la presión, los que son similares para caña energética y azucarera, con la mayor diferencia en que los valores de molida con caña energética son de alrededor del 60 al 70 % en relación con la caña azucarera.

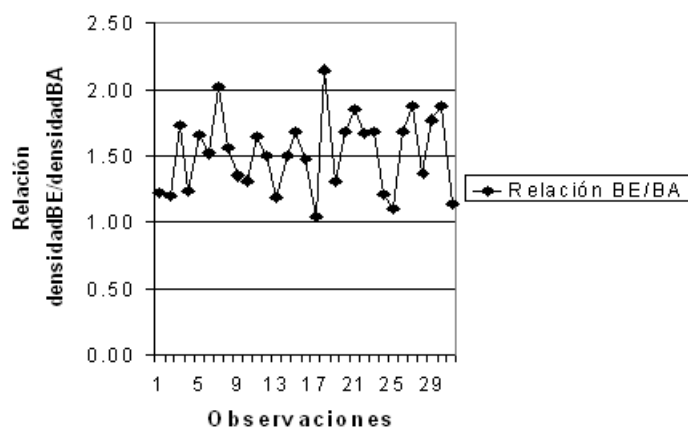


Gráfico 1. Relación entre el bagazo de caña energética y el de caña azucarera transportado

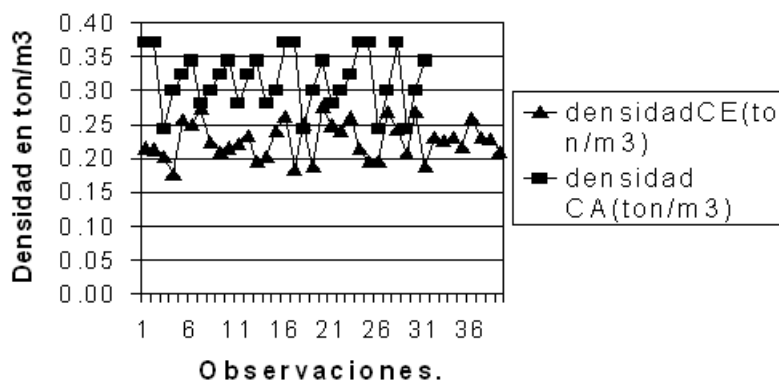


Gráfico 2. Comportamiento de la densidad volumétrica de la materia prima para los dos tipos de variedades

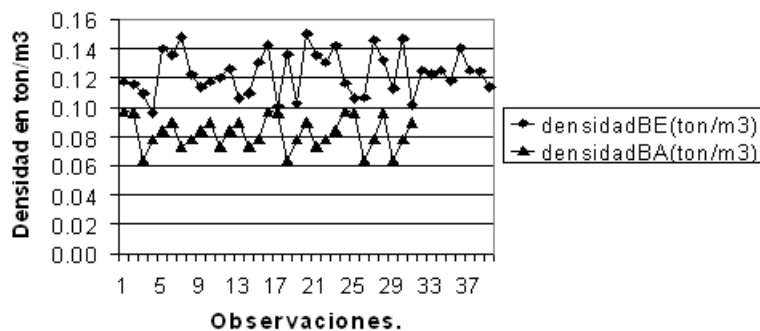


Gráfico 3. Densidad en toneladas de bagazo por m<sup>3</sup> de los medios de transporte

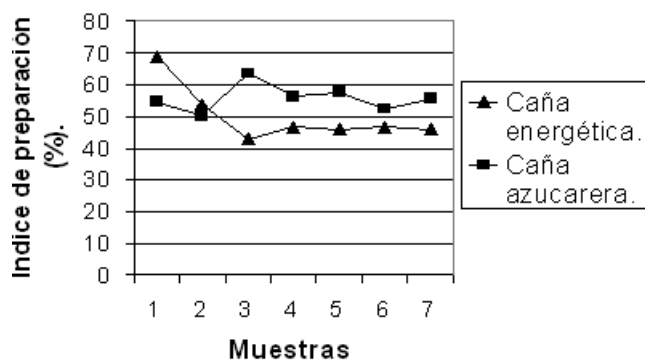
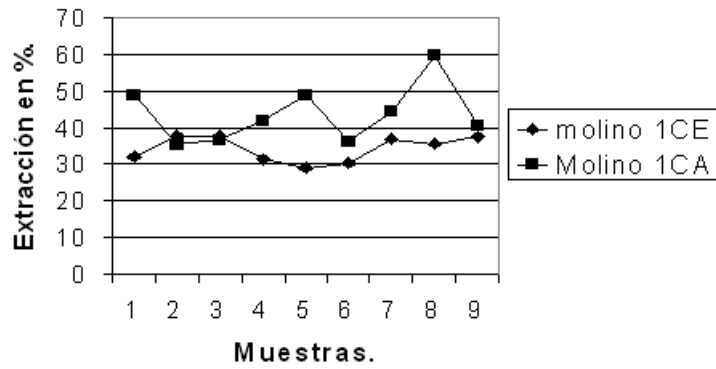
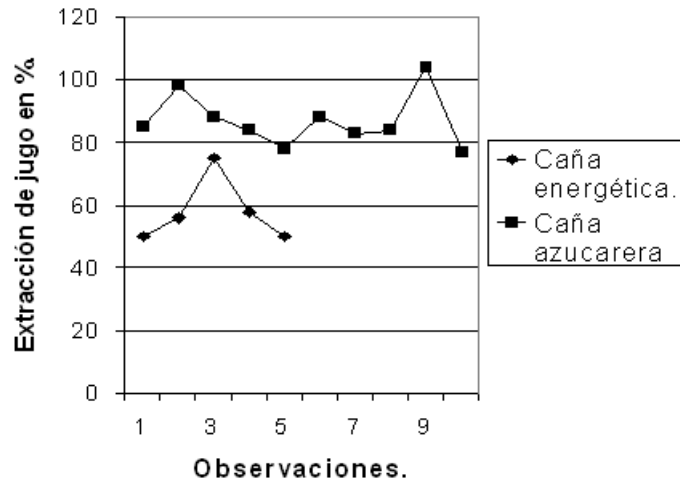


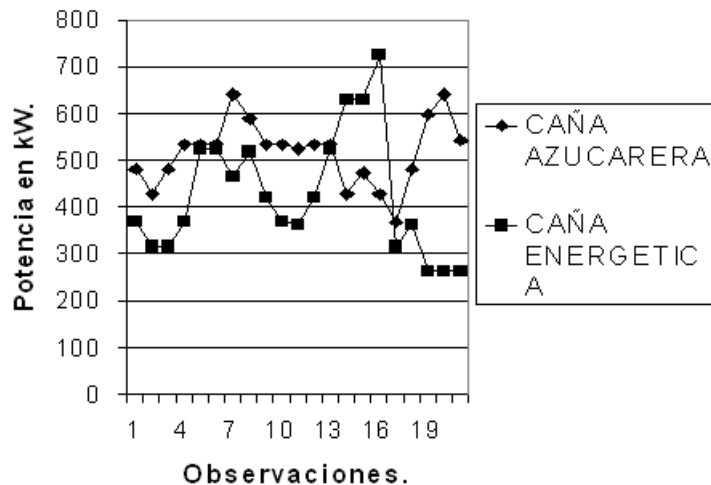
Gráfico 4. Comportamiento del índice de preparación de la caña para los dos tipos de variedades



**Gráfico 5.** Extracción calculada del molino 1 procesando los dos tipos de variedades



**Gráfico 6.** Cantidad de jugo extrado % de la caña procesada



**Gráfico 7.** Consumo de potencia de los molinos 5 y 6 procesando los dos tipos de variedades

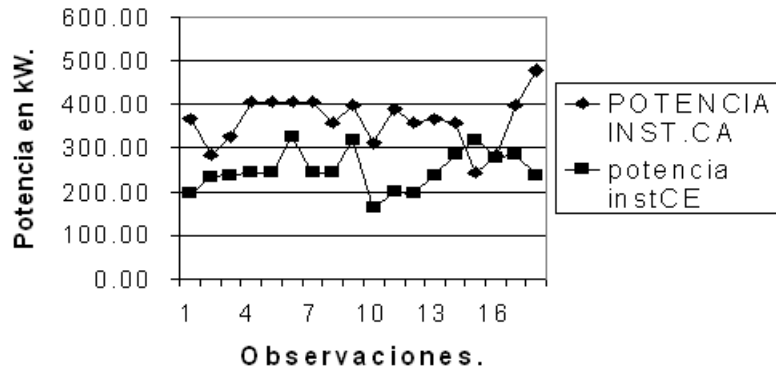


Gráfico 8. Consumo de potencia en el motor de la cuchilla de picar # 1

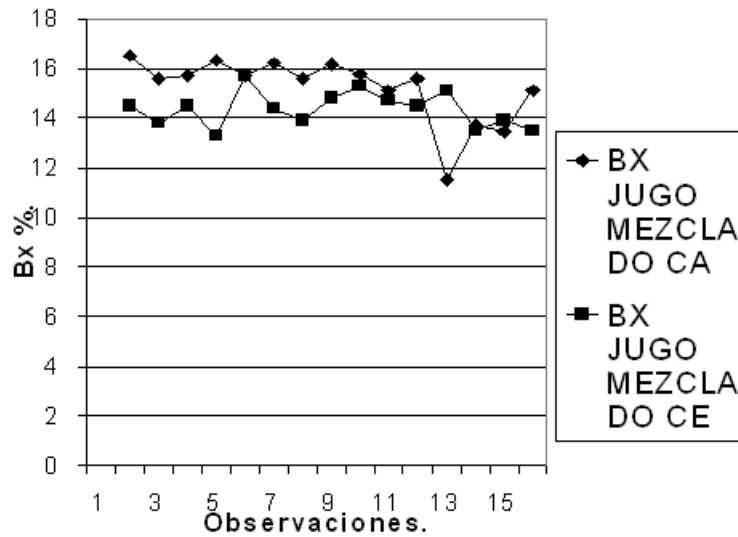


Gráfico 9. Bx obtenido del jugo mezclado procesando los dos tipos de variedades

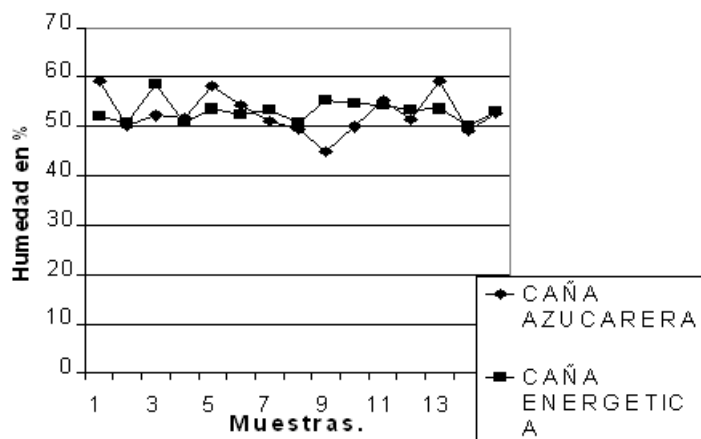


Gráfico 10. Humedad del bagazo en %, procesando los dos tipos de variedades

## CONCLUSIONES

1. Se demuestra que al procesar caña energética se disminuye el aprovechamiento de los medios de transporte en cuanto a caña transportada, pero se incrementa en cuanto a la cantidad de biomasa que se traslada.
2. Los resultados obtenidos demuestran que es posible procesar caña energética en el tándem sin que se produzcan alteraciones significativas de los parámetros de los procesos más importantes en relación con la caña azucarera.
3. Los resultados de humedad del bagazo que se alcanzan con caña energética y azucarera son similares según los modelos obtenidos, asegurándose la calidad del bagazo como combustible.

## RECOMENDACIONES

Procesar caña energética como alternativa de materia prima que asegura el combustible para generar electricidad después de la zafra, sin necesidad de realizar grandes cambios en la preparación y molida de la caña.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gómez Avilés, B.; R. Ponz Murguía; A. Azaret Galí y O. Romero Romero: Diseño experimental con superficie de respuesta como herramienta para el control de procesos en análisis multivariable, CD de la 3ra Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales, UCLV, 2002.
2. Hernández León, R. A. y col.: Cogeneración durante todo el año en la industria azucarera usando caña energética como segundo combustible. Informe final del proyecto 00603098, Sancti Spíritus, abril 2000.
3. Romero Romero, O. y col.: "Eine umweltfreundliche Lösung für die Kraft-Wärme-Kopplung in Zuckerfabriken Cubas". *Newsletter* (4), mayo, Berlín, 2001.