**X CONFERENCIA INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA COMEC 2019**

**Sustitución de rastrillos por bandas en la transportación de bagazo en plantas cubanas de cogeneración.**

***Substitution of flights by belts in the conveying of bagasse in cuban cogeneration plants.***

**Dr. Eusebio E. Pérez Castellanos 1 , Héctor Polanco Sánchez 2**

1-Eusebio E. Pérez Castellanos, Universidad Central de las Villas, Cuba. eusebiopc@uclv.edu.cu

2- Héctor Polanco Sánchez, Universidad Central de las Villas, Cuba, hpolanco@uclv.cu

**Resumen:**

En este trabajo se desarrolla un análisis acerca de la sustitución de rastrillos por banda en la transportación de bagazo en las plantas de cogeneración a partir del bagazo como combustible, que existen en Cuba actualmente. Esta tarea pretende disminuir los consumos internos dentro de la fábrica de azúcar con vistas a incrementar la entrega de energía eléctrica al sistema electroenergético nacional (SEN) por parte de los centrales azucareros.

***Abstract:***

*In this paper an analysis is developed about the replacement of flight conveyors by belt conveyors in the transportation of bagasse in the cogeneration plants with bagasse as fuel that exist in Cuba at the moment. This task aims to reduce internal consumption within the sugar factory with a view to increasing the delivery of electricity to the national electric power system (SEN) by the sugar mills.*

**Palabras Clave:** transportación, banda, bagazo, cogeneración.

1. **Introducción**

Sobre el tema de la cogeneración de energía en centrales azucareros han trabajado varios autores, pero sobre todo en cuanto a los efectos económicos de diversas variantes de cogeneración en la economía del sistema.

El bagazo de caña de azúcar constituye uno de los principales recursos, cuyo aprovechamiento integral y eficiente ofrece nuevas perspectivas para el desarrollo del país, este constituye la principal fuente de biomasa para los centrales azucareros.

En la década del 80 se sincronizaron las fábricas de azúcar crudo cubanas al SEN y se implementó la cogeneración de estos, empleando el bagazo de caña como combustible. Para el arranque de la zafra se utiliza la energía del SEN.

En este sentido la problemática más importante que se enfrenta actualmente en las fábricas de azúcar en Cuba es que las calderas donde se produce el vapor son en su mayoría de baja presión y en esas condiciones se alcanzan índices de generación cuyo valor no sobrepasa los 30 a 40 kw-h/tonelada de caña. MW, con presiones de trabajo en las calderas de 18 a 28 bar. Este equipamiento es de muy baja eficiencia.

En [Elizundia, 2016] los autores plantean que el bagazo producido es de 308 kg/tonelada de caña y que la demanda de energía elécrica en la fábrica es de 32 kW h/tonelada de caña molida. Este valor prácticamente no proporciona energía sobrante para entregar al SEN. En dicho trabajo se establece una metodología para investigar el costo de la cogeneración en la industria azucarera. No se expresan valores prácticos de generación ni de consumo de energía eléctrica por tonelada de caña de azúcar.

En [Ramírez, 2015] se reportan valores de venta de energía generada en una fábrica de Costa Rica de entre 60 y 70 kw-h/t de caña , pero allí se trabaja con turbinas cuya presión es más elevada que en el caso de las utilizadas en Cuba.

En [Sánchez, J, 2018} los valores reportados para Cuba son similares a los que se plantean en [Hernández, 2018], o sea:

Se trabaja con índices de generación de 37 kWh/tonelada de caña molida.

La venta al SEN no sobrepasa el 16 % de la energía generada ya que dentro de la fábrica se consume hasta un 84 % de dicha energía.

Los autores del presente trabajo han tomado valores a pie de obra en el central Uruguay y obtuvieron los siguientes datos:

* La generación de electricidad instalada en la actualidad en el central Uruguay 14,5 MW y se venden al SEN 2,5 MW. Lo que representa, solamente el 17 % de la generación.

Con el programa de bioelétricas del país se pretende llegar a índices de generación de hasta 100 kw-h/tonelada de caña y aumentar el índice de entrega al SEN hasta valores cercanos a 80 % .

Pero en el alcance de este objetivo es importante, no solamente aumentar la eficiencia de los equipos encargados de generar electricidad, sino de aquellos que la consumen.

Los 4 grupos de equipos de más elevado consumo en una empresa azucarera en orden de importancia son:

* El tandem de molinos y los equipos preparadores (cuchillas, desfibradoras).
* El sistema de bombeo de materiales de todo tipo dentro de la fábrica (incluyendo las bombas de vacío).
* Las centrífugas para la purga de azúcar.
* El Sistema de transportación de sólidos.

A modo de ejemplo:

Para la zafra 17-18 el central Uruguay se programó para una capacidad de molida de 9200 t\día, o sea, una 380 t/h. la generación puede alcanzar valores de 14,5 MW, o sea, con un índice de 37,8 kWh/t de caña.

Solamente en el tándem se consumían aproximadamente 4000 kwh/h, o sea, el 28 % de la electricidad que se producía. Esto sin contar los equipos de preparación (cuchillas picadoras)

* La potencia instalada en el sistema de transportación de bagazo (en este caso, rastrillos) era de aproximadamente 350 kW.

Como se desprende de todos los datos anteriores se requiere hacer un trabajo muy importante en la eficiencia del sistema de generación de electricidad en cada ingenio, pero también se requiere establecer mejoras en la eficiencia de los equipos consumidores dentro del mismo.

Este trabajo se refiere básicamente a la transportación de sólidos a granel y en particular a la manipulación del bagazo, la cual se desarrolla mediante el uso de transportadores de rastrillos, que por las características del órgano de tracción (en este caso dos hileras de cadena), con un peso considerable por metro de longitud poseen un elevado índice de consumo por tonelada de bagazo transportado.

A lo anterior hay que añadir que en los % de tiempo perdido en los útimos años en la UEB Uruguay han tenido una influencia muy importante las interrupciones operativas y las roturas en sistema de rastrillos de bagazo. Por experiencia se conoce que en el caso de utilizar transportadores de banda este índice disminuye sensiblemente.

Como herramienta primaria emplea en el trabajo una metodología de diagnóstico de los transportadores de rastrillos, para determinar el consumo de cada uno de los equipos instalados, se desarrolla un análisis de cada uno de ellos en particular y se recomienda la sustitución por transportadores de banda, en aquellos en que la misma sea posible y se emplea para los transportadores de banda una metodología similar a la utilizada en los rastrillos, con lo que se determina el consumo específico de cada uno.

La experiencia de este trabajo puede ser empleada en todos los casos en que se proceda de forma similar. Ya esta tarea se viene desarrollando en algunos centrales pero sin un método organizado para llevar a cabo el análisis.

**Problema:**

No existe una metodología en que se fundamente con rigurosidad la necesaria sustitución de transportadores de rastrillos por transportadores de bandas para disminuir el consumo energético dentro de las fábricas de azúcar.

**Objetivo general:**

Propiciar la sustitución de transportadores de rastrillos por transportadores de banda en la transportación de bagazo en los centrales azucareros con vistas a disminuir el consumo específico.

**Objetivos específicos:**

* Realizar el diagnóstico del sistema de rastrillos de un ingenio en particular.
* Analizar la posible sustitución de algunos casos particulares de estos equipos por transportadores de banda.
* Evaluar el ahorro en el consumo energético como consecuencia de esta sustitución.

1. **Metodología**

Para desarrollar el trabajo se estudiaron los sistemas de diagnóstico desarrollados en la asignatura Equipos de transporte industrial en la UCLV, se tomaron como base los resultados obtenidos por los autores, en la UEB Uruguay de Sancti Spíritus, se analizó cada uno de los transportadores de rastrillo instalados en el ingenio y se determinó la posibilidad real de su sustitución por transportadores de banda, para lo cual se tuvo en cuenta el material transportado, la capacidad y la traza de cada equipo.

Una vez que se decidió proponer la sustitución de algunos equipos se aplicó la metodología de diagnóstico a cada uno de ellos y se determinó el consumo de los mismos. Con ello se determinó el ahorro de energía que se puede obtener por la sustitución.

Debe aclararse que los autores ya han venido aplicando este en otros ingenios. En los mismos se ha aplicado el modelo el diagnóstico y el resultado de las lecturas de consumo real ha sido suficientemente cercano al valor obtenido con el diagnóstico como para validar el modelo.

**Método empleado para realizar el diagnóstico en el sistema de rastrillos.**

El trabajo se desarrolló en el central Uruguay.

Como elemento primario se llevó a cabo un levantamiento del sistema de transportación de bagazo.

A continuación se muestra el esquema en planta del sistema completo.



Figura 1. Esquema del sistema de rastrillos.

La simbología del esquema es la siguiente:

M- Molino C-caldera TR- Transportador de rastrillo

 Recorrido del bagazo por la rama superior del transportador.

 Recorrido del bagazo por la rama inferior.

 Bagazo sobrante

Se estudió la metodología de diagnóstico de transportadores de rastrillo utilizada en la asignatura de equipos de transporte industrial en la UCLV, la cual plantea los siguientes bloques de trabajo:

1. Bloque de toma de datos.
2. Bloque de cálculo de capacidad.
3. Bloque de cálculo de tensiones.
4. Bloque de cálculo de potencia.
5. Bloque de cálculos de comprobación de la cadena.

Se elaboró un algoritmo para el procedimiento y el mismo se montó en hojas de cálculo Excel.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Resultado de los diagnósticos en cada uno de los transportadores

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Transportador # | Pot.Inst. (kW) | Pot. Nec. kW | Qp (t/h) | Qr (t/h) | CUT (%) | IC (kW-h/t) |
| 1  | 12,5 | 9 | 116 | 107 | 91,92 | 0,08 |
| 2  | 40 | 37,4 | 120 | 107 | 89,10 | 0,35 |
| 4 | 110 | 90 | 139 | 100 | 71,75 | 0,68 |
| 5 | 110 | 90 | 98 | 32 | 32,56 | 0,59 |
| 6 | 22 | 18 | 71 | 22 | 45,13 | 0,09 |
| 7 | 17 | 15 | 71 | 48 | 67,70 | 0,01 |
| 8  | 30 | 25 | 82 | 32 | 39,21 | 0,30 |
| Totales | 341,5 | 282,4 |  |  |  | 2,10 |

.

**Nomenclatura**:

**Pot.Inst. (kW):** Potencia de chapa de cada uno de los motores.

**Pot. Nec. kW**: Potencia que es necesario instalar en cada equipo, teniendo en cuenta las posibles sobrecargas.

**Qp (t/h):** Capacidad que puede manipular cada equipo en función de sus dimensiones, su velocidad y las propiedades del material a transporter (determinada por el diagnóstico).

**Qr (t/h):** capacidad real que manipula el equipo en el caso en que el ingenio está moliendo a plena capacidad.

CUT (%): Relación entre la capacidad real y la potencial.

IC (kW-h/t: índice de consumo por tonelada de bagazo transportada.

Nota: Debe tenerse en cueanta que todos estos transportadores no trabajan necesariamente en serie y que las funciones de algunos no incluyen la transportacón de todo el flujo de bagazo que sale de la molida.

Nótese que en este caso la potencia necesaria es como promedio un 80 % de la instalada. Esta situación se debe a que, por problemas de inestabiliadd en el suministro y de operación en el sistema, en ocasiones un transportador se sobrecarga en cuanto a capacidad y es necesaria una reserva en la potencia instalada en el motor del mismo.

Método empleado para proponer la sustitución.

Para el análisis de la sustitución de transportador de rastrillo por uno de banda deben tenerse en cuenta los elementos comparativos siguientes:

1. El transportador de rastrillo es capaz de transportar con inclinaciones ascendentes hasta de 450 en el caso del bagazo, mientras el transportador de banda no es recomendable instalarlo por encima de los 25 a 280.
2. El transportador de rastrillo puede transportar por ambas ramas a la vez (la superior y la inferior). En el caso del transportador de banda se dificulta mucho la transportación por la rama inferior.
3. El transportador de rastrillo puede distribuir la carga fraccionadamente a lo largo de la traza (solamente colocando aberturas en forma de compuertas en los puntos de descarga). El transportador de banda requiere de aditamentos, tipo carritos repartidores para descargar una parte del material en cualquier punto intermedio.

Estos elementos hacen que en algunos casos sea algo difícil la sustitución.

Este análisis se llevó a cabo para todos los transportadores del ingenio. Por la magnitud del mismo se expone aquí un solo ejemplo.

Para este caso se analizó el transportador # 1, que manipula el bagazo que sale del tándem y lo entrega al # 2, que alimenta las calderas y entrega envía el bagazo sobrante a la casa de bagazo.

La capacidad necesaria es de 116 t/h. este transportador requiere una potencia instalada de 9 kW (de acuerdo con los cálculos realizados) pero la potencia real instalada es de 12,5 kW.

Se llevaron a cabo los cálculos para trabajar con una banda del mismo ancho que el transportador actual (2 m), con 3 rodillos de apoyo en su rama inferior.

Se analizó la posibilidad de utilizar la misma estructura actualmente empleada en el de rastrillos y añadir solamente los rodillos de apoyo y sustituir los sprockets motriz y de retorno por tamboras.

Se desarrollaron los cálculos de potencia necesaria a instalar en el equipo y la misma fue de solamente 4 kW.

Igual análisis se produjo en los otros transportadores. En algunos casos no es posible la sustitución ya que las condiciones de operación no lo permiten. En todos los casos en que la misma es posible, el consumo energético calculado es menor que para el caso de la utilización de rastrillos.

1. **Resultados y discusión**

De los resultados obtenidos se desprende que cuando se produzca la sustitución de los transportadores de rastrillos por banda se pueden producir disminuciones en el consumo de hasta un 50 %.

No es posible realizar la sustitución en todos los casos ya que en ocasiones las trazas son muy inclinadas, muy complejas o se requiera la transportación por ambas ramas, lo que no es posible con un transportador de banda.

1. **Conclusiones**

- Una de las problemáticas que enfrenta el proceso de cogeneración en la industria azucarera cubana es el bajo índice de generación de energía eléctrica por tonelada de caña, debido a las bajas presiones de trabajo en las calderas.

- A lo anterior se une el hecho de que en los equipos internos de la fábrica consumen hasta un 80 % de esta energía generada y los índices de entrega al SEN son excesivamente bajos.

- Uno de los sistemas consumidores de energía dentro de las fábricas de azúcar es el de manipulación de bagazo, que se lleva a cabo con equipos de rastrillos, que por su peso propio, consumen valores muy elevados de energía por tonelada de bagazo transportado.

- Aunque no en todos los casos es posible la sustitución de estos equipos por transportadores de banda, cuando la misma se puede llevar a cabo se producen ahorros en el índice de consumo de energía de este sistema de hasta un 50 %.

# Biliografía

1. Elizundia A., tt al. Evaluación de esequema de cogeneración de energía, Revista Centroazúcar, UCLV, CUBA, ps. 15-20, 2016.
2. **Hernández, B., 2018.** *Bioeléctricas proyecto líder de la eficiencia enrgética con biomasa,.* Azcuba, La Habana, Cuba , 2018.

 3. Ramírez F., Cogeneración en la industria ATACORI, www. atacori.co.cr, Costa Rica, 2015

 4. Sánchez J., la industria azucarera, importante fuente para la generación de electricidad, www.uemede.net/rev/caribe, La Habana, 208.