



Ciencias Holguín
ISSN: 1027-2127
revista@cigetholguin.cu
Centro de Información y Gestión Tecnológica de
Holguín
Cuba

Estudio de parámetros de diseño y operación en transportadores de bagazo

Reyes-Pérez, René Mateo; Pérez-Castellanos, Eusebio; Rodríguez-Gallardo, Enrique

Estudio de parámetros de diseño y operación en transportadores de bagazo

Ciencias Holguín, vol. 25, núm. 1, 2019

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Holguín, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181558076004>

Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Estudio de parámetros de diseño y operación en transportadores de bagazo

Parameters study of design and operation in bagasse conveyors

René Mateo Reyes-Pérez 1
Universidad de Las Tunas, Cuba
renerp@ult.edu.cu

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181558076004>

Eusebio Pérez-Castellanos 2
Universidad Central de Las Villas, Cuba
eusebiopc@uclv.edu.cu

Enrique Rodríguez-Gallardo 3
Empresa Azucarera de Las Tunas, Cuba
gtecnico@guiteras.azcuba.cu

Recepción: 29 Abril 2018
Aprobación: 12 Diciembre 2018
Publicación: 30 Enero 2019

RESUMEN:

En el presente trabajo se desarrolló una evaluación de la capacidad, la potencia demandada y el índice de consumo de los transportadores continuos de sólidos del área de bagazo y su relación con los parámetros de diseño en un central azucarero. Se analizó la influencia en estos parámetros de la velocidad, la altura de la guardera y el ancho en este tipo de transportadores. Las conclusiones obtenidas a partir de esta investigación le permiten a dicha entidad realizar de forma más eficiente sus operaciones en estos equipos, además de proporcionarle elementos para disminuir los tiempos perdidos por frecuentes roturas en su operación, pudiendo ser aplicados a otras industrias azucareras, así como a otras con equipos de características semejantes.

PALABRAS CLAVE: Transportadores, Rastrillo, Potencia, Capacidad.

ABSTRACT:

In this work an evaluation of the capacity, power demand and the rate of consumption of solid continuous conveyors in bagasse house and its relation to the design parameters is developed in a sugar mill. The influence in the parameters speed, shroud height and width in such conveyors are analyzed. The conclusions drawn from this research allow the organization to more efficiently perform operations on these computers, besides providing elements to reduce the time lost by frequent breaks in its operation can be applied to other sugar industries of the country and equipment's of similar characteristics.

KEYWORDS: Conveyors, Apron, Power, Capacity.

NOTAS DE AUTOR

- 1 MSc René Mateo Reyes-Pérez renerp@ult.edu.cu Master en Tecnología y Gestión de Mantenimiento. Profesor Auxiliar del Departamento Docente de Ingeniería Industrial. Universidad de Las Tunas. Dirige un proyecto de diagnóstico energético en centrales azucareros.
- 2 Dr.C Eusebio Pérez-Castellanos eusebiopc@uclv.edu.cu Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular del Departamento Docente de Dibujo y Mecánica Teórica y del Centro de Estudios de Eficiencia Energética y Medio Ambiente de la Universidad Central de Las Villas. Dirección postal: Edificio 2, Apto. 4, Reparto Universitario, Univ. Central de Las Villas. Apto. Postal 54830, Villa Clara
- 3 Ing. Enrique Rodríguez-Gallardo gtecnico@guiteras.azcuba.cu Ingeniero Industrial. Especialista del Grupo Técnico de Mantenimiento. Empresa Azucarera de Las Tunas. AZCUBA, Miembro del proyecto de diagnóstico energético en centrales azucareros. Dirección postal: Calle B # 117, Reparto Militar, Puerto Padre, Las Tunas

INTRODUCCIÓN

El consumo energético es uno de los principales problemas que afectan a la industria de hoy, no solo por sus altos costos sino por lo agotable de las fuentes convencionales de obtención y el alto nivel de contaminación ambiental que provocan. Tomando como antecedentes el amplio uso de los equipos de transporte continuos de sólidos en el sector azucarero, se realizó un estudio del comportamiento de estos equipos en el área de bagazo de una de las industrias azucareras del país y con ello darle cumplimiento a los lineamientos 205 y 207 del capítulo VIII POLÍTICA INDUSTRIAL Y ENERGÉTICA de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución de Cuba (Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. 2017). [El uso del bagazo como combustible permite a las fábricas de azúcar ser autosuficientes en las necesidades de energía térmica y eléctrica, incluso con sistemas de baja eficiencia. Hansert, E. (2016) Tomando en cuenta la alta incidencia de estos equipos para el cumplimiento de los planes de producción de azúcar y su alta repercusión en los consumos energéticos Corrales, J.M. (2015), ya que es frecuente que se reconozca en los transportadores de bagazo un elevado consumo de energía propiciado no solamente por el peso de la carga a transportar sino también por el peso de sus órganos de tracción (cadena y banda de goma) y además las considerables fuerzas de fricción a superar en su operación CEMA, (2013) y Pérez, E. (2014), se propuso como objetivo fundamental en esta investigación precisamente evaluar el comportamiento de los índices de operación y consumo de energía, con respecto a los parámetros de diseño, en los transportadores de bagazo que permitan obtener una mayor eficiencia tecnológica en un central azucarero. Es conveniente señalar que los principales autores en el tema tratado Díaz, D. (2014), Oriol, j. M. (1998) y Spivakoski, A. y Dychchov, V. (2013) hacen énfasis en el diseño de instalaciones y no a la comprobación del cumplimiento de los requisitos de operación tales como capacidad y eficiencia energética en su interrelación con los parámetros de diseño y menos aún mediante el empleo de una herramienta matemática montada en un software convencional y de fácil empleo (Excel), como es el caso y que constituyen el aporte fundamental en el tema.

Tareas a realizar:

- Búsqueda de información de parámetros de diseño y operación de los transportadores continuos de sólidos en el área de bagazo.
- Entrevistas a especialistas y directivos de la industria estudiada.
- Desarrollo de una metodología de evaluación para transportadores continuos de sólidos que permita obtener la variante de operación más eficiente en productividad y consumo energético a través de hojas de cálculo montadas en Microsoft Excel.

Relación de equipos de transporte de la casa de bagazo

A continuación, se exponen los equipos de transporte continuo que componen el área de casa de bagazo del central (Tabla 1), donde se muestran la cantidad de ellos por tipo y dos de los parámetros de diseño que más influyen en su comportamiento operacional y consumo energético.

TABLA 1.
Equipos de transporte continuo de la casa de bagazo

Tipo de transportador	Cantidad	Longitud (m)	Potencia instalada (kW)
Banda	3	190	59,7
Rastrillo	8	304	401
Total:	11	494	460,7

Algunos aspectos que a priori fueron tomados en cuenta en este trabajo fueron la necesidad de modificar los parámetros de operación sin que se modifiquen los de montaje debido a que se realiza precisamente la investigación en equipos con un diseño y montaje establecidos por sus fabricantes, además, existe poca información actualizada sobre la temática y la interrelación con los parámetros de diseño y los de operación a disposición de los técnicos para realizar el presente estudio. Relación de técnicos y directivos (2015). Es de destacar que el aporte fundamental de este trabajo reside en que pueden constar en las entidades laborales con una herramienta matemática montada en un software convencional para el sistema operativo Microsoft Windows muy usual en sus ordenadores que le permite operar con mayor eficiencia los transportadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución de este trabajo se estudiaron las metodologías de cálculo existentes para obtener la capacidad productiva y el consumo energético en transportadores continuos, destinados a manipular materiales a granel. Oriol, J. M. (1998), Pérez, E. (2014), El criterio general en todas las metodologías estudiadas coincide en que son indispensables para dicho análisis los datos que más abajo se relacionan y desarrollando para ello la metodología mencionada de Pérez E. por ser la más detallada.

- Material a transportar.
- Traza de la transportación, lo cual incluye longitud e inclinación del equipo.
- Capacidad deseada de transportación.
- Condiciones ambientales de trabajo.

A partir de los datos obtenidos se realiza la secuencia de cálculos correspondientes con la metodología aplicada a que se hace referencia, básicamente integrada por los cuatro bloques de cálculos principales siguientes:

- Toma de datos
- Cálculo de capacidad
- Cálculos de tensiones de la banda o cadena
- Cálculos de potencia

En el primer bloque los datos principales a localizar son los siguientes: Capacidad real a manipular, potencia nominal del motor instalado, relación de transmisión del reductor, velocidad angular del motor, número de dientes de las ruedas de cadena que intervienen en la transmisión, densidad del bagazo y otros. En el transcurso del cálculo en los demás bloques reviste gran importancia la determinación mediante sus respectivas ecuaciones, la velocidad de transportación (1), la capacidad potencial (2), tensiones de entrada y salida de la rueda de cadena motriz del transportador (3), el tiraje efectivo a partir de estas últimas (4), la potencia demandada por el motor (5) y finalmente el índice de consumo de potencia (6). A continuación, se muestran las ecuaciones principales utilizadas en los cálculos.

Principales ecuaciones utilizadas

$$(1) V = \frac{n_{sm} * Z_{sm} * t_{sm}}{60000}$$

$$(2) Q_p = 3600 H_p \Psi C_3$$

$$(3) S_n = S_{n-1} + \Delta S_{n-1an}$$

$$(4) W_0 = W_n - W_1$$

$$(5) P = \frac{W_0 * V * k_s}{1000 \eta_t}$$

$$(6) IC = \frac{P}{Q_R}$$

Dónde:

V = velocidad de transportación

n_{sm} = velocidad angular del motor

t_{sm} = relación de transmisión del educor

Z_{sm} = número de dientes de la rueda de cadena

Q_p capacidad potencial (t/h)

B largo de los rastrillos (m)

H altura de los rastrillos (m)

ρ densidad del bagazo (t/m³)

Ψ factor de llenado

C_3 coeficiente de disminución de la capacidad por inclinación del transportador

W_0 tiraje efectivo(N)

S_n tensión para un punto determinado del transportador (N)

P potencia demandada por el motor (kW)

k_s factor de sobrecarga del motor

η_t eficiencia de la transmisión

IC índice de consumo (kW-h/t)

Q_R capacidad real a manipular (t/h)

Una etapa muy importante la constituyó el montaje de las ecuaciones anteriores en hojas de cálculos Excel para lo cual se siguió la siguiente secuencia:

- Introducción de los datos necesarios en hojas de cálculos Excel. Ver Figura 1.
- A partir de los resultados de la primera columna del montaje de los datos preliminares mencionados en hojas de cálculo Excel. y en función de los resultados obtenidos se pueden montar columnas con tantos escenarios como sea necesario para condicionar el análisis del comportamiento del equipo ante variaciones en la situación que queramos analizar, por ejemplo, un escenario importante es el de tomar la capacidad real igual a cero. Este es el caso en que el equipo trabaja en vacío. En este escenario se puede conocer qué proporción de la potencia que se consume en el equipo corresponde al movimiento de sus elementos de trabajo y cuál le corresponde al movimiento del material. Este cálculo es importante para alertar a los operarios y técnicos de la necesidad de no operar los equipos trabajando en vacío durante períodos prolongados.
- Todos los elementos de consumo de potencia que se calculan en el programa pueden ser cuantificados económicamente si se conoce el costo del kilowat-hora.

	B	C	D	E
1				
2	1	2	3	4
3	40,00	40,00	40,00	40,00
4				
5	1750	1750	1750	1750
6	31,50	31,50	31,50	31,50
7	21	21	21	21
8	40	40	40	40
9	20	20	20	20
10	40	40	40	40
11	120,0	120,0	120,0	120,0
12	14,6	14,6	14,6	14,6
13	16	16	16	16
14	152	152	152	152
15	0,59	0,59	0,59	0,59
16	1,20	1,20	1,20	1,20
17	0,15	0,15	0,15	0,15
18	20	20	20	20
19	0,80	0,80	0,80	0,80
20	0,75	0,75	0,75	0,75
21	0,16	0,16	0,16	0,16
22	37	37	37	37
23	30,00	20,00	0,00	30,00
24	0,82	0,54	0,00	0,82
25				

FIGURA 1.
Muestra parcial del montaje en hojas de cálculo para un caso determinado.

RESULTADOS

A continuación, en la (Tabla 2) se relacionan los resultados obtenidos en el área de bagazo de la industria azucarera estudiada.

TABLA 2.
Resultados obtenidos en la investigación de los transportadores del área de bagazo.

Transportadores	Potencia instalada (kW)	Potencia necesaria (kW)	Capacidad potencial Qp (t/h)	Capacidad real Qr (t/h)	Coefficiente utilización técnica CUT	Índice de consumo IC (kW-h/t)
T. Elevador #1	14	10,91	33,45	115	3,44	0,09
T. Elevador #2	14	11,81	33,45	115	3,44	0,10
T. Transversal #1	37	32,6	56	115	2,05	0,28
Transportador #2	55	51,5	49	90	1,83	0,85
Transportador #3	136	76,2	50	160	3,21	0,40
Transportador #4	110	63,4	58	35	0,60	1,47
Transportador CV1-1	14	12,7	28	35	1,25	0,36
Transportador CV3-1	21	11,99	50,97	160	3,14	0,07
Transportador CV1	12,6	5,78	83,34	35	0,42	0,17
Transportador CV2	12,6	7,79	11	35	0,42	0,22
Transportador CV3	34,5	33,83	75,58	260	3,44	0,13
Total:	460,7	318,51 (69,14%)				4,14

Análisis de los resultados

- La potencia que se consume es solamente un 69 % de la instalada lo que trae como consecuencia el desaprovechamiento de la capacidad instalada y afectaciones al factor de potencia, siendo la situación más crítica la de los transportadores 3 y 4.
- El coeficiente de utilización técnica no es el adecuado en casi todos los equipos transportadores de este sistema, excepto en el número 4, en el CV1 y el CV2. Esto puede provocar roturas muy frecuentes en este sistema, debido a la gran sobrecarga del material a transportar a que son sometidos los equipos.
- El sistema consume 4,14 (kW-h/t) para transportar una tonelada de bagazo, a lo que se agrega la energía consumida por equipos en recoger el derrame de bagazo ocasionado por los transportadores CV1 y CV2 (banda) ocasionada por su deficiente operación.
- Las velocidades utilizadas de algunos de los transportadores no son las adecuadas por la bibliografía consultada para estos equipos, mostrado en la aplicación de los cálculos y sobrepasan los límites recomendados de 0,60 m/s.

Aporte económico y social

La producción de energía eléctrica a partir del empleo del bagazo como combustible impacta doblemente en el ahorro de divisas para el país por lo que, al tener un funcionamiento estable en los transportadores, producto de una correcta operación le permitirá al central los siguientes aportes:

- Cada kW-h que se aporta sustituye a 1 kW-h que se genera con derivados del petróleo.

- Se reducen las pérdidas de energía por concepto de transporte (el consumo es muy cercano a la generación).
- Se contribuye notablemente a disminuir el impacto ambiental producido por el consumo de combustibles fósiles.

CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos se puede caracterizar completamente el sistema de transportación de bagazo de la industria permitiendo a la dirección tomar las medidas correspondientes para mejorar la eficiencia tecnológica y energética del sistema, lo cual influirá positivamente en el cumplimiento de sus compromisos productivos.

Mediante la aplicación de los cálculos se comprobó la existencia de sobrecargas con el material a transportar en algunos equipos debido a un aumento significativo de los volúmenes de molienda en el tándem, causando frecuentes roturas y paradas imprevistas en el sistema, ocasionando pérdidas de la producción de alto significado económico.

La mala selección de los motores instalados en los equipos de transportación de bagazo son la causa principal de los altos consumos energéticos en que se incurren, además de la influencia que representan en el bajo factor de potencia en los equipos.

Al darle un mayor aprovechamiento a la producción de bagazo se contribuye a reducir pérdidas energéticas ya que se genera energía prácticamente en el lugar de consumo.

Se provoca un impacto ambiental positivo ya que se reduce la carga contaminante al aprovechar más eficientemente la energía obtenida por el bagazo.

REFERENCIAS

- CEMA. (2013). *Conveyors Equipment Catalog*, Manufacturing Association, USA.
- Corrales, J. M., Gil, J. M., Remédios, P. D., et al. (2015). Operación de los molinos del tándem cañero a dos niveles de presión hidráulica. *Revista Ingeniería Investigación y Tecnología*, 16(1). México.
- Díaz, D. (2014). Diseño de las cadenas de tracción del transportador de rastrillos para el acarreo de mineral laterítico reducido. *Ciencia y Futuro*, 4(1). Recuperado de: http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/viewFile/927/457
- Hanserth, A. et al. (2016). Evaluación de esquemas de cogeneración de energía a partir de bagazo de caña de azúcar. *Revista Centro Azúcar*, 43(1), 87-98. Recuperado de: <http://centroazucar.uclv.edu.cu/media/articulos/PDF/2016/1/10%20Vol%2043%20No1%202016.pdf>
- Oriol, J. M. (1998). *Conferencias de Máquinas de Transporte Continuo*. La Habana: Editorial Ciencia y Educación.
- Pérez, E. (2014). *Curso de Transportadores Industriales*, Departamento de Dibujo y Mecánica Teórica. Villa Clara: Edit. UCLV.
- Pérez, E. (2014). Diagnóstico de Tandem y Transportadores de centrales azucareros. Curso de postgrado, Universidad de Las Tunas. Cuba.
- Relación de técnicos y directivos (2015). Encuestados en las industrias azucareras de la provincia Las Tunas.
- Spivakoski, A. y Dyachkov, V. (2013). *Conveyors and related equipment*, 6, 21-143. Peace Publishers, Moscú.
- VII Congreso del Partido Comunista de Cuba. (2017). Capítulo VIII política industrial y energética. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. La Habana. Recuperado de:

INFORMACIÓN ADICIONAL

Recomendaciones: Tomar en cuenta los resultados obtenidos en este trabajo para realizar modificaciones en los transportadores de manera que no se violen parámetros tecnológicos tales como la velocidad, a la vez que se cumpla la capacidad productiva. · Generalizar este trabajo en centrales y centros que empleen este tipo de equipos. · Realizar un estudio para proponer un sistema de mantenimiento más adecuado al que se tiene implantado en la actualidad.