

SUGAR

Application Notes

Application Notes Year 2 - nr 2 August 2003



Planta Moledora Eficiencia y Automatización

Introducción



En este trabajo trataremos de dar una una visión rápida del tema de la eficiencia del área de Planta Moledora y como repercute la automatización en su eficiencia general.

No vamos a decir que la automatización es una "varita mágica" que va a resolver por si sola todos los problemas que se presentan en la molienda de la caña. Si un equipo tiene un mal diseño mecánico, fue mal seleccionado o los ajustes del molino no se hicieron correctamente, etc., la automatización sola no puede resolver el problema.

Pero hoy en día si se quieren alcanzar altos niveles de extracción, molidas altas y estables, reducciones en el consumo de potencia, etc., debemos recurrir a la automatización, ya que la misma es una herramienta muy útil y necesaria para lograr estos objetivos en cualquier Fábrica de Azúcar.

Colaboración

Area de molienda de la caña

La planta moledora (Area de Molinos, Tandem, Trapiche) forma parte integral de la Fábrica de Azúcar o Ingenio Azucarero. No se puede considerar la misma separadamente, ya que los Ingenios son plantas de flujo continuo, y cualquier alteración o falla en su funcionamiento repercute en todo el proceso.

Esta área en específico es responsable por gran parte de la estabilidad de la fábrica, ya que es el comienzo del proceso, aporta el combustible para las calderas y es donde se define en gran parte el trabajo posterior del ingenio.

Una operación deficiente del Tandem crea situaciones difíciles en otras áreas del ingenio. Por ejemplo, si un Tandem no logra humedades en el bagazo de 50% o inferiores se afectará directamente la generación de vapor. Si no se tiene un control estricto de la imbibición, con el flujo y la temperatura adecuados, se afectará la extracción de sacarosa (Pol) y el trabajo de las áreas de Purificación de Jugos y Evaporación.

La sacarosa (Pol) que aquí no se recupere irá a las calderas junto con el bagazo y se perderá definitivamente.

El area de Planta moledora está compuesta por equipos pesados y consumidores de potencia, generalmente bien diseñados y de rendimiento aceptable para la función que realizan, pero si se descuida su operación y mantenimiento no se obtendrán los resultados para los que fueron diseñados.

En los molinos se realiza la molienda de la caña, es decir, la extracción del jugo de la caña, por lo que su trabajo es el punto de partida del balance de masa y energía de la fábrica.

Las funciones básicas de un Tandem son las siguientes:

- Moler una cantidad de caña de acuerdo a su capacidad.
- Extraer el máximo del contenido de jugo y Pol que trae la caña.
- Entregar bagazo en condiciones para las calderas o producción de Productos Derivados.

Continúa

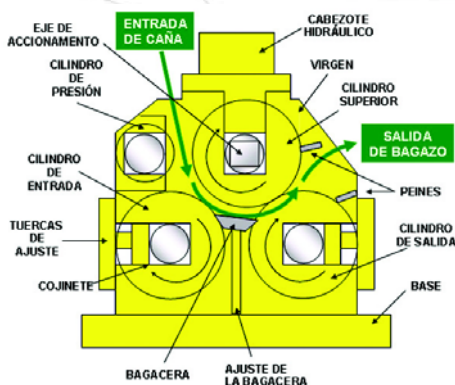
Para realizar su trabajo el Tandem realiza dos operaciones básicas: **Compresión**; el jugo de la caña se extrae por la compresión del colchón de caña o bagazo al pasar a través de las mazas de cada molino. La fuerza para comprimir el colchón se aplica a la maza superior por medio de cilindros (pistones) hidráulicos.

Lixiviación; se produce al lavar el colchón con agua y los jugos de la imbibición compuesta a contracorriente con la dirección del colchón de bagazo.

La transferencia de masa que se produce extrae la sacarosa (Pol) contenida en las celdas fibrosas de la caña.

El grado de eficiencia (capacidad, extracción, estabilidad, etc.) en la operación del tandem depende de la manera en que se manejan las principales variables operativas del área, las cuales son:

- 1 - Ajuste de los molinos
- 2 - Velocidad de los equipos motrices (motores, turbinas, etc.)
- 3 - Presiones hidráulicas
- 4 - Agua de imbibición
- 5 - Imbibición compuesta (maceración)
- 6 - Estabilidad
- 7 - Alimentación
- 8 - Lubricación
- 9 - Limpieza y desinfección



Preparación y Molienda de la caña

En la operación del tandem es necesario garantizar una alimentación estable como primer paso. Los "vacíos" en la estera alimentadora provocan una caída considerable del Índice de Preparación (IP) y del Índice de Celdas abiertas, ya que al entrar a las cuchillas y desfibradores un colchón bajo, estos no pueden preparar correctamente la caña.

Los "colmos" son también perjudiciales, ya que pueden provocar "atoros" en los niveladores o en las cuchillas, que pueden crear situaciones como la paralización del proceso, lo cual repercute negativamente en toda la fábrica, con las **perdidas económicas** correspondientes.

En la actualidad se ha generalizado la alimentación automática del tandem, lo cual consiste en regular la velocidad de la estera(s) alimentadora(s) en función de mantener constante la cantidad de caña que entra a la primera unidad de molienda. Además se protegen los niveladores, cuchillas y desfibradores de los perjudiciales "atoros", se mide y controla el agua de imbibición, se mide la flotación de la maza superior de cada molino, etc. Para lograr la estabilidad en la alimentación de caña al primer molino es necesario mantener la estera surtidora llena de caña y automatizar la(s) estera(s) elevadora(s).

Esto garantiza una estabilidad óptima en la molienda. No puede

haber eficiencia (caña molida y extracción de Pol) si no se cumple este requisito fundamental.

Si se quiere obtener toda la potencialidad de un molino, resulta importante tener instalaciones de esteras que permitan lograr colchones de caña de 1,5m. de altura.

Para esto el ángulo de inclinación debe ser inferior a 15 grados. También es importante tener equipos motrices en las esteras con buena variación de velocidad, de casi 0 a 1,5 veces la media necesaria y que respondan al control automático de alimentación. La preparación de caña es una gran consumidora de potencia por lo que mantener la alimentación estable significa eliminar las fluctuaciones innecesarias en el consumo de potencia, las cuales tienden a desestabilizar el trabajo de la fábrica.

Las flotaciones de las mazas superiores es un indicador que debe ser medido continuamente para mantenerlo en los valores normales que aparecen en las tablas para cada tipo de molino. Esto se logra, en caso de ser necesario, ajustando los volúmenes unitarios de salida (es el volumen dinámico requerido en la salida de un molino para moler una tonelada de fibra) para abrir o cerrar las salidas de los molinos y conseguir las flotaciones deseadas.

Smar produce un medidor de flotación de las mazas electrónico, altamente eficiente, con alto grado de protección, con salida de 4 - 20 mA e indicación en porcentaje, milímetros o pulgadas de desplazamiento.

El valor del volumen unitario de salida escogido para un molino es correcto cuando moliendo a la razón requerida, con la velocidad adecuada y con la norma de presión hidráulica aplicada, se obtienen los valores de flotación que aparecen en las tablas para cada unidad del tandem.

- Flotaciones superiores a la normal incrementan el consumo de potencia, la reabsorción y los esfuerzos mecánicos en la zona de los acoplamientos
- Con flotaciones inferiores se corre el riesgo de que el molino no flote cuando se presente una disminución en la razón de molienda, o de que los dientes desgastados de las mazas (que flotan debido a los dientes sanos que son más altos) no compriman el colchón de caña

Eficiencia del Tandem

La molienda de la caña es un complejo proceso de extracción en el que intervienen un grupo de variables fundamentales que se relacionan entre sí. Al comparar la eficiencia de un molino con otros equipos del ingenio: bombas, reductores de velocidad, incluso una caldera, llegamos a la conclusión que un molino es un equipo muy ineficiente porque la energía que necesita para realizar trabajo útil (extracción del jugo) es muy alta comparada con el resultado neto.

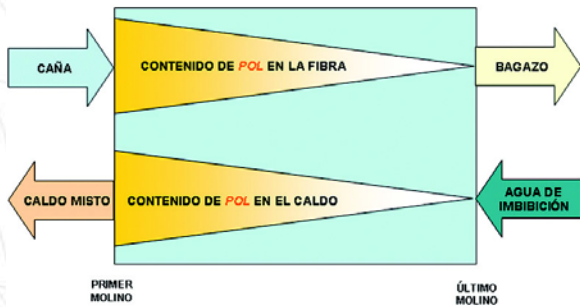
Unido a esta dificultad técnica está el poco tiempo disponible para realizar el proceso de lixiviación, aspecto fundamental para obtener una buena extracción y disminuir el elevado consumo de energía. Otro aspecto que complica este proceso es la calidad de la materia prima (nos referimos a su composición) y las constantes variaciones de la misma.

Es fácil comprender que los problemas referidos a esta área (en lo referente a evaluaciones integrales de eficiencia) no son fáciles de hacer dentro de un rango aceptable.

Esta es la razón fundamental que obliga a tener un profundo conocimiento y control sobre todas las condiciones y parámetros necesarios para poder conocer y evaluar los resultados reales de un tandem.

No podemos olvidar que la pérdida de Pol en caña de un tandem representa un alto por ciento de las pérdidas totales de Pol de un Ingenio Azucarero. Un tandem equipado con tolvas de alimentación o Chute Donnell (al menos en el primer y último molino) con su nivel automatizado, garantiza la normalidad de los siguientes aspectos determinantes para una molida eficiente;

- Alto por ciento de extracción de jugo en el primer molino
- Aplicación de las presiones hidráulicas en su totalidad
- Uniformidad de los colchones en tránsito.
- Máxima aplicación de agua de imbibición en cantidad y temperatura.



Operación de Extracción de Caldo

Capacidad de molida

En la literatura azucarera clásica existen varios autores que presentan ecuaciones que pretenden calcular, de forma directa y única la capacidad de una Planta Moledora. Existen opiniones que ese no es el enfoque más correcto del problema, ya que una Planta Moledora es una instalación muy flexible en cuanto a su capacidad, y que esta representa un valor de compromiso entre la cantidad de caña a moler y la extracción de pol.

Esto quiere decir que una misma Planta Moledora puede alcanzar comparativamente altos valores de molida, sacrificando la extracción, y a la inversa, puede optimizarse la extracción sacrificando el volumen de la molida. Por tanto, la solución óptima del problema estaría en determinar el valor de compromiso donde la planta moledora pueda asimilar el mayor volumen posible de caña con valores razonables de extracción de sacarosa (pol), teniendo como premisa fundamental la **eficiencia económica**.

Es opinión de muchos que el camino correcto a seguir es analizar todos los elementos que tienen incidencia en el trabajo de la Planta Moledora (variables de estado, ajustes mecánicos, etc.) que se esté analizando en específico y obtener el nivel de capacidad óptimo de acuerdo a sus posibilidades, para compararlo posteriormente con el grado de explotación real a que está sometida.

Vamos a utilizar para este análisis el "Factor de Grueso del Colchón" (G) que es el indicador de la carga con que opera cada molino de un tandem, y que relaciona su razón de molida con la velocidad tangencial de las mazas.

Se expresa en:

- (Tm fibra/hora)/(m² maza/minuto)
- (@fibra/hora)/(pie² maza/minuto)
- (1 @ = 25 lbs.)

Para convertir de una unidad a otra se puede utilizar:

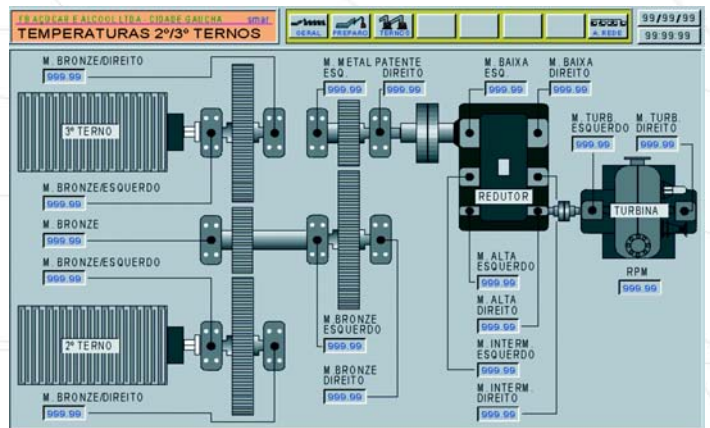
Multiplicar	Por	Para obtener
(Tmfibra/h)/(m ² /minuto)	8.08256	(@fibra/h)/(pie ² /minuto)
(@fibra/h)/(pie ² /minuto)	0.12372	(Tmfibra/h)/(m ² /minuto)

Para hacer las determinaciones necesarias se realizarán comparaciones entre el "factor de Grueso de Colchón Óptimo"(Go) de un tandem, con el "Factor de Grueso de Colchón Real"(Greal), con el cual opera actualmente.

Si ambos números son iguales o semejantes, la planta moledora opera en su rango de capacidad correcto, donde hay un compromiso aceptable entre la cantidad de caña molida y la extracción.

Si el Factor de Grueso del Colchón Real fuera mayor que el óptimo, el Tandem estaría sobrecargado, sacrificando eficiencia en aras de la cantidad de caña molida.

Por el contrario, si el Factor de Grueso del Colchón Real fuera



menor que el óptimo, se tiene la indicación de que está moliendo por debajo de sus posibilidades y que puede optimizarse la eficiencia. El problema se reduce a encontrar el "Factor de Grueso de Colchón Óptimo"(Go) para cada planta moledora.

El "Factor de Grueso de Colchón Óptimo" se calcula por la siguiente expresión:

$$Go = K * G$$

K = Factor que depende de la preparación de la caña y de la capacidad de alimentación del Tandem.

G = Factor de Grueso del Colchón, dado por un nomograma donde se analizan todas las otras condiciones y variables de estado del Tandem.

Para calcular el "Factor de Grueso del Colchón Real" (Greal) se utiliza la siguiente formula:

$$Greal = (M * F) / (24 * L * V)$$

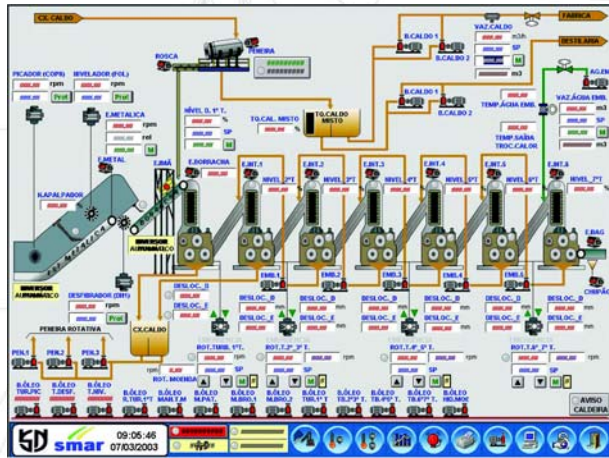
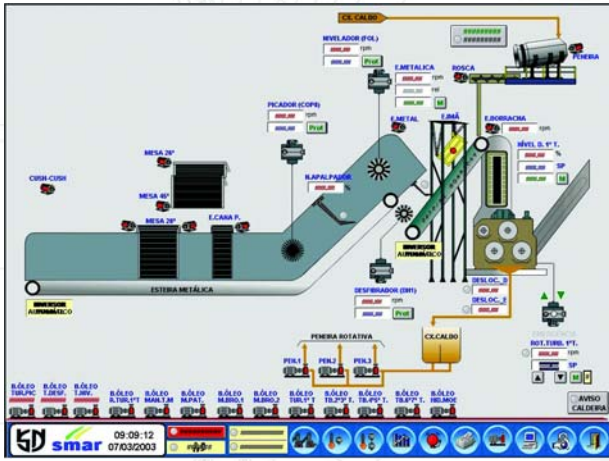
M = molida diaria, @/día

F = fracción de fibra de caña

L = largo de las mazas, en pie
 V = velocidad tangencial de las masas del primer molino en su diámetro medio, en pie/minuto.

También podemos calcular la "Capacidad de Molida Optima de un Tandem" (Mo), utilizando Go.

$$Mo = (Go * 24 * L * V) / (F)$$



Con estos valores se puede realizar un diagnóstico de un tandem:

- Si G es superior al 110% de Go El tandem está sobrecargado con tendencia a disminuir la eficiencia y aumentar roturas
- Si G = Go con desviación de ± 10% El tandem está operando a su capacidad correcta
- Si G es inferior al 90% de Go El tandem está subutilizado y gastando recursos inutilmente

El consumo de potencia de un molino de tres mazas se puede determinar por la siguiente expresión:

$$HP = C * (V^{1.219} * T^{0.918}) / (71.888)$$

HP = Potencia consumida por un molino y su transmisión, medida en los terminales de un motor eléctrico (HP)

C = Factor de corteza, depende del grado de preparación de la caña, así como de las variedades que se muelan.

V = Velocidad tangencial de las masas en su diámetro medio

T = Carga hidráulica total aplicada, en toneladas cortas.

Los valores de G pueden oscilar generalmente entre 7 y 14. Para moler a una razón de G superior a 10 el Tandem debe estar complementado con varios factores, entre ellos la Alimentación Automática y un estricto control sobre todos los parámetros de operación.

Utilizando varios factores de G se obtienen variaciones en la molida con igual velocidad.

Caso No. 1	G	Molida	% de fibra	Largo de las mazas	Velocidad
1	7.5	400,000 @	14	7 pies	44 pie/min.
2	10	553,333 @	14	7 pies	44 pie/min.
3	12	640,000 @	14	7 pies	44 pie/min.

También se puede mantener la molida disminuyendo la velocidad.

Caso No. 1	G	Molida	% de fibra	Largo de las mazas	Velocidad
1	7.5	400,000 @	14	7 pies	44 pie/min.
2	10	400,000 @	14	7 pies	33 pie/min.
3	12	400,000 @	14	7 pies	28 pie/min.

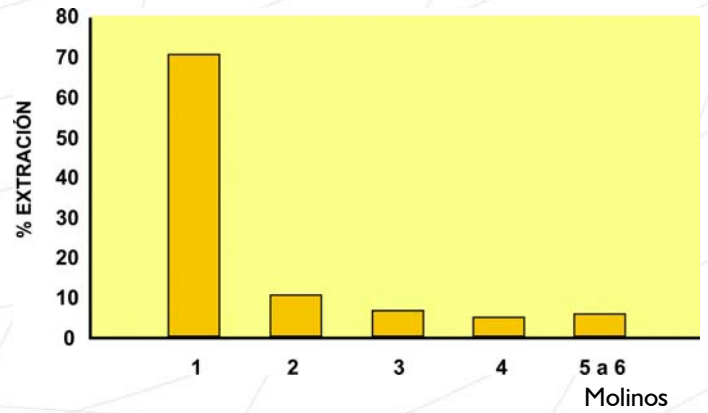
De esto podemos sacar las siguientes conclusiones:

- Se puede aumentar la molida con igual velocidad y similar consumo de potencia, o mantener igual molida con velocidades mucho menores.
- La zafra puede ser más corta y enmarcada en el periodo de óptimo contenido de pol en la caña.
- Disminuye la necesidad de grandes ampliaciones.

Aplicando la formula de consumo de potencia veremos como es la influencia de las variaciones de velocidad en el consumo.

Para un molino desmenuzador (Primer molino)

C = 1.5 T = 500 ton.



Comportamiento de la extracción en la Planta Moledora

Molida	% de fibra	G	Velocidad	HP consumidos	HP ahorrados
400,000 @	14	7.5	44 pie/min.	645	–
400,000 @	14	10	33 pie/min.	450	195
400,000 @	14	12	28 pie/min.	370	275

Utilizando tres valores diferentes de G mostraremos el ahorro de energía de un Tandem obtenido al moler 400,000 @/día,

reduciendo la velocidad de las mazas de 44 pie/min. (G = 7.5) a 33 pie/min. (G = 10) y a 28 pie/min. (G = 12)

Molino No.	G = 7.5 HP consumidos	G = 10 HP consumidos	G = 12 HP consumidos
1	645	450	370
2	430	300	250
3	430	300	250
4	430	300	250
5	430	300	250
6	430	300	250
Total HP	2795	1950	1620

Ahorro al pasar de G = 7.5 a G = 10

HP ahorrados = 2795 - 1950 = 845 HP

Kw ahorrados = 845 * 0.746 = 630 Kw

Ahorro al pasar de G = 7.5 a G = 12

HP ahorrados = 2795 - 1620 = 1175 HP

Kw ahorrados = 1175 * 0.746 = 876 Kw

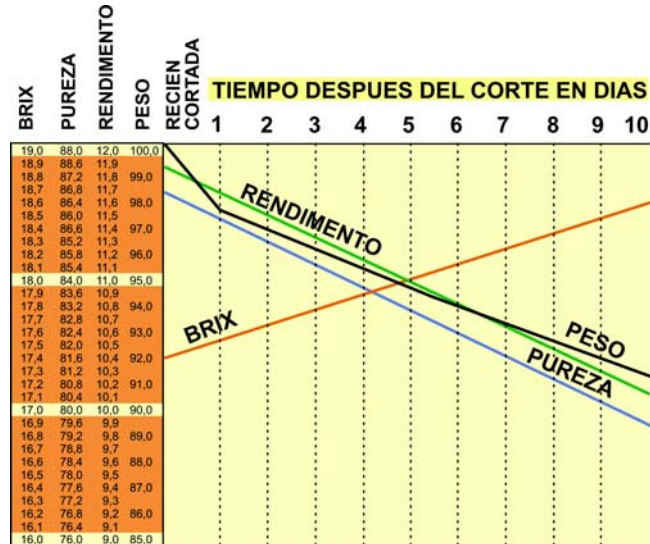
Para trabajar a altos regímenes de carga, G superior a 10, la planta moledora debe tener las siguientes condiciones necesarias:

- Caña con el largo previsto
- Buena preparación de caña
- Tolvas Donelli al menos en el primer y último molinos
- **Automatización del Tandem, incluyendo la alimentación automática.**
- Fuerte aplicación de soldadura a las mazas.
- Mazas alimentadoras (cuarta maza)
- Conductor intermedio de arrastre

Con los anteriores factores se puede obtener:

- Una alta extracción en la primera unidad de molida.
- Aplicación de las presiones hidráulicas en su totalidad.
- Uniformidad en los colchones en tránsito.
- Máxima aplicación de agua de imbibición en cantidad y temperatura.
- Mayores molidas con igual equipamiento.

- Zafra más cortas con mejor rendimiento industrial.
- Condiciones óptimas de operación debido a la automatización y la medición de las variables principales.
- Menor tiempo perdido.
- Ahorro de energía al obtener iguales molidas a menores velocidades.
- Permite la utilización de equipos motrices de menor capacidad.
- Se puede aumentar molida aumentando la velocidad o utilizando mazas más grandes



Curvas de Brix, Pureza, Rendimiento y Peso de la caña de azúcar

Colaboración de: Luis R. Salazar Santos

Ingeniero de Control Automático

Empresa: "Tisca S.R.L." Representante de Smar en Paraguay
Asesor Técnico de "Azucarera Paraguaya S.A.."

Subsidiaries

ALEMANIA
SMAR GmbH
Tel.: +49 671 794680
Fax: +49 671 7946829
infoservice@smar.de

BRASIL
SMAR EQUIPAMENTOS
INDUSTRIAIS LTDA.
Tel.: (16) 3946-3599
Fax: (16) 3946-3528
e-mail: dncom@smar.com.br

EE.UU
SMAR INTERNATIONAL
Tel.: +1 713 849-2021
Fax: +1 713 849-2022
sales@smar.com

FRANCIA
SMAR FRANCE
Tel.: +33 1 41 15-0220
Fax: +33 1 41 15-0219
smar.am@wanadoo.fr

SINGAPUR
SMAR SINGAPORE
Tel.: +65 6324-0182
Fax: +65 6324-0183
info@smar.com.sg

MÉXICO
SMAR MEXICO
Tel.: +53 78 46 00 al 02
Fax: +53 78 46 03
ventas@smar.com

ARGENTINA
SMAR PERIFÉRICOS
GRÁFICOS S.A
telefax: (5411) 4776-1300 / 3131
smarinfo@smarperifericos.com

CHINA
SMAR CHINA
CORPORATION
Tel.: +86 10 6849-8643
Fax: +86 10 6894-0898
info@smar.com.cn

smar
First in Fieldbus