

“Diseño de un sistema de control automático para la alimentación de caña del tándem en el central “Argeo Martínez”

“Design of an automatic control system for the tandem cane feeding at the “Argeo Martínez”

M. Bazan de los Santos¹, A. Giralt Sánchez², M. Garbey Torres³, Y. Andrial Mora⁴

¹Departamento Ingeniería Automática, FIE, Universidad de Oriente, magdalen@uo.edu.cu

²Departamento de Ingeniería Automática, FIE, Universidad de Oriente, angelagiralt@uo.edu.cu

³Departamento de Informática, FITIB, Universidad de Oriente, magyeleine@uo.edu.cu

⁴Departamento de Biomédica, FITIB, Universidad de Oriente, yolandaandrial@uo.edu.cu

Recibido: 20/11/2021

Aprobado: 26/12/2021

Resumen En ésta investigación se proyecta un sistema de control automático, que garantiza el flujo constante de caña al primer molino del tándem en el Central Argeo Martínez de la provincia de Guantánamo en Cuba; de forma que se garantiza la eficiencia de extracción de jugos durante el proceso de molienda. Para esto fue necesario caracterizar los sistemas de alimentación de caña, así como el análisis de la situación actual del proceso en dicho central. Se presenta además, la arquitectura del sistema de control propuesto, la selección de la estrategia de control, así como el modelado y cálculo de la potencia de los motores que demandada el proceso. Se caracterizaron los diferentes instrumentos que se usan en el proceso. Se describió el PLC de la marca Mitsubishi de la serie FX3U -32M.

Palabras claves— Regulador de frecuencia, micro-controladores PSoC, centrales hidroeléctricas.

Abstract In this investigation an automatic control system is projected, which guarantees the constant flow of cane to the first mill of the tandem in the Central Argeo Martínez of the province of Guantánamo in Cuba; so that the efficiency of juice extraction during the grinding process is guaranteed. For this, it was necessary to characterize the sugarcane feeding systems, as well as the analysis of the current situation of the process in said plant. It also presents the architecture of the proposed control system, the selection of the control strategy, as well as the modeling and calculation of the motor power required by the process. The different instruments used in the process were characterized. Mitsubishi brand PLC of FX3U -32M series was described.

Key words— Frequency regulator, PSoC micro-controllers, hydroelectric power plants.

INTRODUCCIÓN

La automatización de los diferentes procesos de obtención de azúcar en los centrales cubanos, ha possibilitado mejorar las condiciones de trabajo, así como utilizar de forma racional recursos que presentan una vital importancia y entre los que se encuentran: materia prima, combustibles, agua, vapor, electricidad, etc.

La automatización industrial es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales. Esta ha alcanzado un papel fundamental en un importante número de industrias incluyendo la azucarera.

Ahora bien, la preparación de la caña en esta industria, constituye el primer proceso de una fábrica de azúcar crudo y consiste en pasar las cañas por equipos que se encargan de desenredar los bultos, de nivelar o aplanar el colchón y de picarla, trocearla y desfibrarla, todo con la finalidad de producir un flujo estable y continuo de caña homogéneamente preparada, que garantice una óptima extracción del jugo en los molinos. [1].

La preparación adecuada de la caña de azúcar para la alimentación del primer molino tiene especial importancia en cualquier industria azucarera, lo cual incluye un procesamiento mecánico previo y garantiza un suministro estable a los molinos.

Por lo que mantener la alimentación constante al primer molino, generaría aumentar la eficiencia en cuanto al aprovechamiento del flujo de vapor entregado por calderas, ya que las fluctuaciones generadas por la mala alimentación de caña, producen caídas de presión o ahogan la caldera haciéndole perder temperatura, desestabilizando el balance energético de la empresa

Es por ello que nuestro objetivo es diseñar un sistema de control automático, que permita el flujo constante de caña al primer molino del tándem en el Central Argeo

Martínez de la provincia Guantánamo; de forma que se garantice la eficiencia de extracción de jugos durante el proceso de molienda.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Durante el proceso de molienda, se debe tener en cuenta que, para obtener resultados satisfactorios en la elaboración del azúcar, es primordial la calidad de la preparación de la caña, es decir, mientras más picada esté al llegar al área de molienda, los molinos harán su trabajo con mayor eficiencia.

Este índice de preparación logrado por la acción de los gallegos y las cuchillas, es directamente proporcional a la estabilidad del espesor del colchón de la caña durante el traslado desde la basculación de la misma hasta su llegada al primer molino.

Sin embargo, el traslado de la materia prima a través de las esteras se efectúa en muchos centrales de forma manual comandado por el variador de frecuencia que manipula su motor, con el inconveniente de tener que efectuar paradas con ciertas frecuencias cuando la alimentación de caña proviene de los carros de ferrocarril.

Es por ello que, aunque el propósito de la preparación adecuada de la caña para la alimentación de la planta moledora, es extraerle la mayor cantidad posible de guarapo, a veces la compresión a que se somete la caña en los molinos no es suficiente para una extracción eficiente, por tanto, se requiere del auxilio de una preparación exhaustiva de la caña y la garantía de un suministro estable de los molinos.

A continuación se muestra en la figura 1 el proceso general de la alimentación de la caña desde la descarga hasta la llegada al primer molino de extracción.

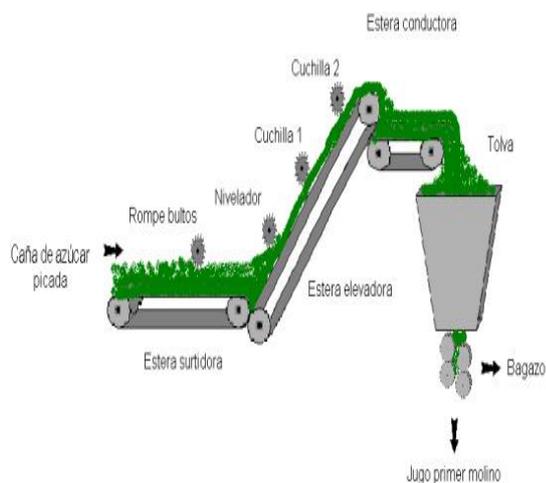


Figura 1 Traslado, preparación y alimentación de la caña desde la descarga hasta la entrada al primer molino.

Como se puede observar el proceso de preparación de la caña consta de varias fases:

1. Descarga de la caña en la estera surtidora.
2. Descarga de la caña ordenadamente de la estera surtidora a la elevadora, con la ayuda del romper bultos.
3. Nivelación de la caña en las esteras antes de que llegue a las cuchillas.
4. Ruptura de la resistencia de los nudos, la corteza, y demolición de las celdas de los tejidos de la caña con ayuda de los juegos de cuchillas.
5. Descarga de la caña preparada ordenadamente de la estera elevadora a la conductora.
6. Descarga de la caña preparada ordenadamente de la estera conductora a la tolva del primer molino de extracción.

PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN

Se propone en principio, implementar un sistema de control donde será manipulada la velocidad de las esteras elevadora y surtidora, con el objetivo de controlar el nivel de llenado de la tolva a través de acciones de control PID, las cuales gozan de gran aceptación en la industria.

Estos controladores basan su funcionamiento en el uso de variador de frecuencia para el control de la velocidad de las esteras, a través de los motores de jaula de ardilla, con lo cual se hace posible la variación de la velocidad de estos accionamientos en un amplio rango, el cual puede ser desde valores cercano a cero (dependiendo del tipo de convertidor) hasta valores por encima de la velocidad nominal del motor.

El uso de los convertidores tiene un impacto positivo en la elevación de la eficiencia energética por la minimización de las pérdidas en los motores.

Para medir nivel en el dosificador, se usan cinco captadores capacitivos cuyo principio de funcionamiento se basa en variar su capacidad según sea el nivel del sólido (caña de azúcar) y enviar señales digitales, que al ser recibidas por el convertidor son transformadas en una señal eléctrica y estas mediciones se llevan al autómata.

Para el correcto funcionamiento de los captadores capacitivos, estos deben ser colocados de forma vertical en la parte superior de la tolva. Son a prueba de agua, apropiado para ambientes severos.

Para medir el nivel en la cola de la estera elevadora se instala sobre la misma, un dispositivo ultrasónico de medición de nivel, cuya señal se lleva al autómata.

Para medir las corrientes de consumo de las cuchillas y nivelador se usan transformadores de corriente, los que tienen como función reducirlas de manera tal que

al ser estas recibidas por el convertidor las emite en una señal de 4 a 20 mA que es enviada al autómatas . Para variar la velocidad de los motores de las esteras surtidora, elevadora y conductora se usan variadores de frecuencia, que en sus circuitos de control tienen conectadas respectivamente una entrada analógica 4 – 20 mA proveniente del autómatas .

En el esquema en forma de pirámide ver figura 2 se pueden observar tres niveles, en un primer nivel o nivel de campo se hallan los motores y sensores, en el cual se mide el nivel del bulto de caña en la tolva mediante los sensores, el nivel de caña en la estera elevadora a través de un sensor de nivel ultrasónico y las corrientes consumidas por las cuchillas y nivelador.

En el segundo nivel o nivel de control se hallan los convertidores, variadores de frecuencia y el controlador PLC que recibe las mediciones realizadas en el proceso, desde este nivel se toman las decisiones sobre cuál es la velocidad de las esteras y si tiene que parar. En el tercer nivel o nivel de supervisión se encuentra una PC para visualizar y mandar a accionar el proceso.

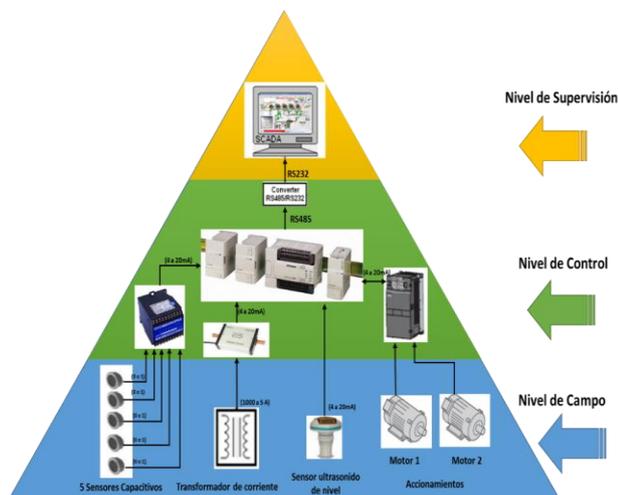


Figura 2: Estructura piramidal de la Arquitectura de Automatización.

Dentro del proceso que se estudia, se entiende por perturbaciones, todas aquellas situaciones que se producen durante la realización de la alimentación de caña a la tolva del primer elemento de molienda y dan al traste con el mal funcionamiento del área en cuestión.

Por lo que se determina durante el estudio, que las perturbaciones principales que afectan directamente la correcta preparación de la caña son:

1. Cambios o fluctuaciones en la composición física de la caña que llega continuamente al central, es

decir variaciones en el largo de las cañas, en la dureza de las mismas, en el nivel de sobre posición que tengan, y si están quemadas o no, etc.

Esta situación incide directamente en el índice de preparación, trayendo como consecuencia variaciones en la extracción del jugo en el área de molinos y por tanto pérdidas de sacarosa en el bagazo que pasa a la caldera.

2. Fluctuaciones en los tiempos en que se realiza la alimentación de caña a la estera surtidora.

Dicha perturbación tiene una marcada influencia dentro del proceso tecnológico de fabricación del azúcar, ya que afecta el caudal de caña que debe de llegar a los equipos preparadores, provocando variaciones notables del índice de preparación y el caudal de caña preparada con que se alimenta el primer molino. Y en ocasiones es necesario detener el proceso en algunos casos.

Los factores combinados que determinan la calidad del proceso de alimentación constante a la tolva, son la altura del colchón de caña en la estera elevadora y la velocidad mínima posible de la estera. Aunque teóricamente, para una molienda dada, la altura del colchón de caña determina la velocidad media.

Por tal motivo, se consideran como variables que caracterizan el proceso las siguientes:

1. Nivel del colchón de caña en la estera Elevadora.
2. Velocidad en el motor de la estera Elevadora.
3. Velocidad en el motor de la estera Surtidora.
4. Corriente en el motor del nivelador o gallego.
5. Corriente en los motores de los juegos de cuchillas.
6. Índice de preparación de la caña.
7. Nivel de la tolva.

Destacando como variables principales que caracterizan el proceso:

1. El grado y el % de preparación de la caña (Índice de preparación de la caña).
2. El caudal de caña suministrado al primer equipo de molienda (Nivel de la tolva).

(Estas dos son los indicadores técnicos principales de la operación del proceso de recepción y preparación).

3. La altura o espesor del colchón en diferentes puntos del sistema, para garantizar el balance de materiales y la eficiencia en las máquinas de preparación.
4. La velocidad de la estera elevadora.

VARIABLES A MANIPULAR:

En el proceso de selección de dichas variables se tuvo presente que la planta moledora tiene control limitado, ya que hay más variables a controlar que posibles a manipular. Por tal motivo las variables a manipular son:

1. El nivel en la tolva.
2. La potencia consumida del motor de la estera elevadora ya que guarda amplia relación con la altura o espesor del colchón en diferentes puntos del sistema, para garantizar el balance de

materiales y la eficiencia en las máquinas de preparación.

3. La velocidad de la estera elevadora, y la estera conductora
4. Protecciones de sobrecarga, juegos de cuchillas y niveladores.

Estructura del sistema de control propuesto

El sistema de control que se propone se muestra a través del diagrama de bloques de la figura 3.

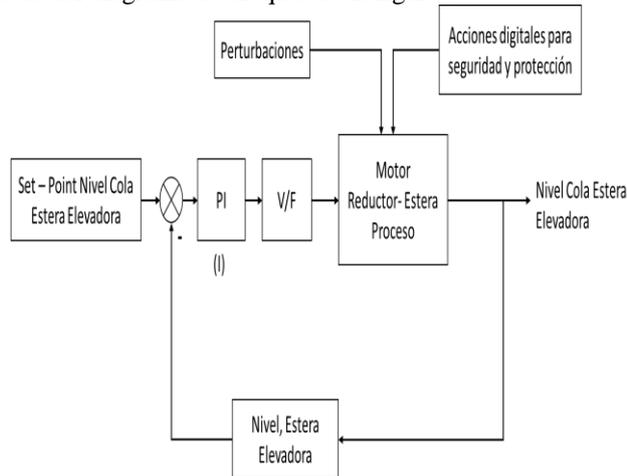


Figura 3: Diagrama en bloques del lazo de control propuesto para la estera surtidora

Funcionamiento del lazo de control

El objetivo fundamental del lazo de control de la velocidad de la estera surtidora, es lograr una alimentación estable de caña a la elevadora y evitar sobrecarga y disparo de las cuchillas.

Este lazo pretende alcanzar dichos objetivos utilizando como variable principal el nivel de caña en el inicio de la estera elevadora, pero teniendo en cuenta que no posee posibilidades de actuar sobre el nivel en la surtidora en las condiciones del central “Argeo Martínez”.

Por otro lado, como la alimentación de la estera surtidora es de forma discreta y varía según sea el tiro de caña (perturbación), los parámetros que intervienen en su flujo actúan sobre la velocidad de la misma teniendo en cuenta el nivel de caña en la estera que le sigue.

En la acción del lazo se emplea el nivel de la estera elevadora como principal parámetro, de modo que si este nivel aumenta, la salida de un regulador PI con acción inversa disminuirá la velocidad de la estera surtidora, estableciendo un vínculo entre el flujo de caña y el rango permisible del nivel en la elevadora, para el cual se garantiza un colchón estable sin riesgo de sobrecarga ni disparo de las cuchillas.

Acciones digitales para la seguridad y protección del proceso en la estera surtidora.

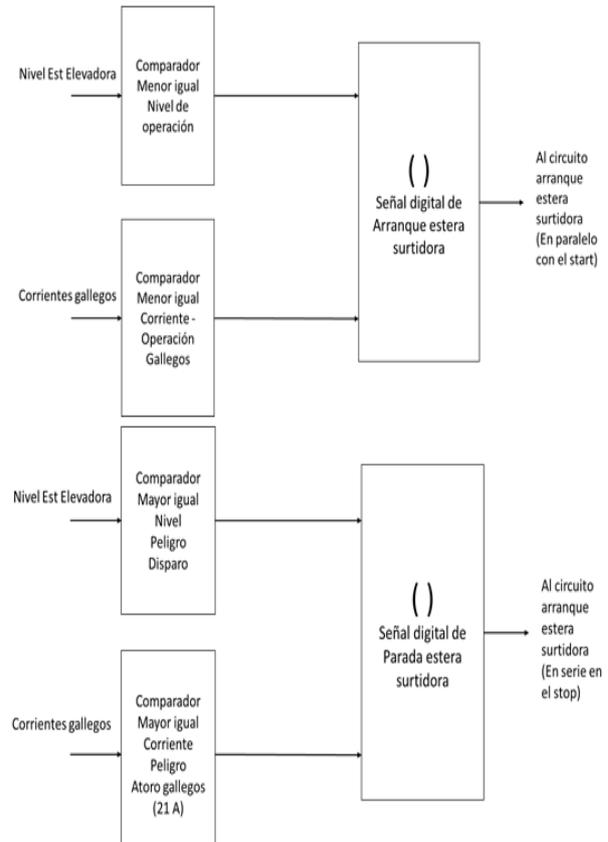


Figura 4 Diagrama en bloques para la seguridad y protección del proceso en la estera surtidora.

Para garantizar el funcionamiento de la alimentación de caña de la surtidora a la elevadora evitando peligro de sobrecarga o disparo de las cuchillas, se propone la acción de cuatro comparadores, (Figura 4) que actuarán a partir del nivel peligroso que provocaría dicho desenlace y teniendo en cuenta también la corriente peligrosa detectada en el consumo de los gallegos que están situados antes de la primer cuchilla.

De manera que, con dos comparadores que se activan con un valor mayor o igual al nivel establecido y corriente de los gallegos, se refleja un uno digital en su salida y a su vez actúa sobre el circuito de mando del variador para detener el motor de la estera surtidora y con el empleo de dos comparadores menor o igual que el nivel y corriente de gallegos se activan los mismos poniendo en marcha nuevamente la estera surtidora.

Por supuesto esto se realizará estableciendo un rango entre condición de parada y condición de arranque.

El sistema de control aplicado para las esteras elevadora e intermedia se muestra a través del diagrama de bloques de la figura 5.

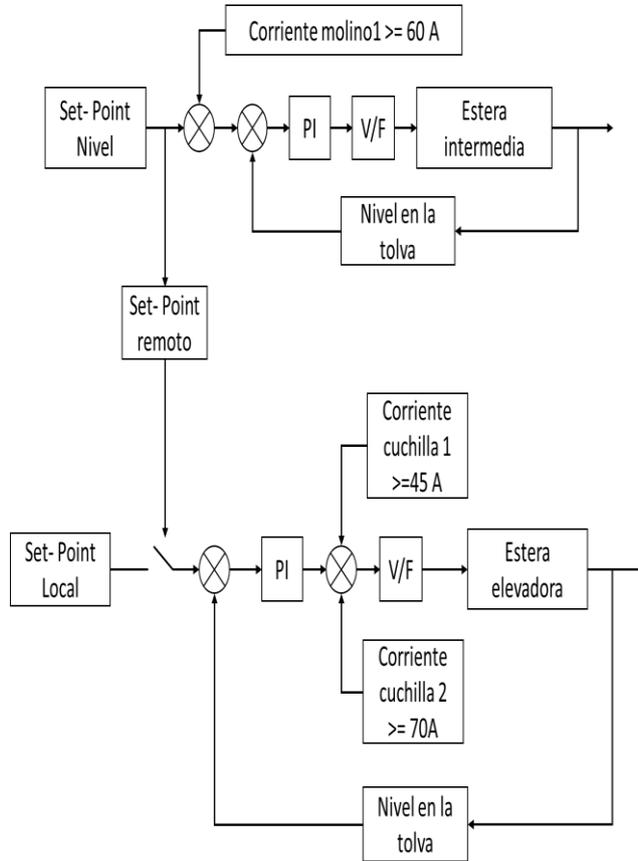


Figura 5: Diagrama en bloques del lazo de control propuesto para la estera elevadora e intermedia.

Funcionamiento del lazo

En la acción del lazo se emplea el nivel en la tolva como variable principal, de modo que si este nivel aumenta, la salida del regulador PI con acción inversa disminuirá la velocidad de la estera intermedia, y a su vez la velocidad de la elevadora; en este lazo actúa como protección la corriente del molino 1 en la estera intermedia, es decir si la corriente del molino 1 es mayor igual que 60 A disminuye el punto de ajuste y con esto disminuye la velocidad de la estera intermedia disminuyendo el nivel en la tolva y con ello la carga a dicho motor.

Para el caso de la estera elevadora, actúa como protección la corriente de las cuchillas 1 y 2, es decir a partir de 45 y 70 A respectivamente de estas cuchillas se restan, con un peso determinado, de la salida del regulador que actúa sobre la estera elevadora, disminuyendo su velocidad y con ello la carga de las mismas, evitando disparo por sobrecarga y tiempo perdido.

En este lazo se puede seleccionar el punto de ajuste local o remoto. En remoto la estera elevadora trabaja con el punto de ajuste seleccionado en la estera intermedia y en local se trabaja en cada estera de manera independiente con el objetivo de operar las esteras por separado en caso de reparación o prueba.

Modelos involucrados que rigen el proceso de alimentación de caña al primer molino del Tándem en el central “Argeo Martínez”

Por lo anterior, el modelado de los captadores se reduce a la consideración de los mismos como elementos lineales de ganancia determinada sin retraso [2].

Modelado de los accionamientos: El elemento de acción final en el lazo de control es el accionamiento eléctrico, en este caso formado por el sistema convertidor de frecuencia-motor de inducción, para el cual se elige como modelo un elemento lineal de primer orden, dadas las pequeñas constantes de tiempo electromagnéticas del convertidor y el motor con respecto a la inercia mecánica del motor y el reductor [2].

Los parámetros de los bloques han sido determinados a partir del conocimiento de los datos de los motores y de los convertidores de frecuencia recomendados para la instalación en el caso del central azucarero “Argeo Martínez”, siendo de esta manera el accionamiento representado por la siguiente función de transferencia [3]:

El modelado de las esteras o transportadores [2], permite obtener el flujo de salida de la estera en función de la velocidad de la misma y el flujo másico de entrada.

Las esteras transportadoras con paredes laterales para sólidos, poseen una determinada capacidad volumétrica, para realizar el modelado del flujo y el espesor del colchón de caña, se tuvieron en cuenta las siguientes restricciones: el sólido transportado tiene una altura o nivel uniforme en la sección transversal de la estera, la densidad del sólido transportado es constante, el grado de inclinación del tramo inclinado de la estera no es tan grande como para producir un deslizamiento del colchón de caña de sentido contrario al movimiento de la estera y la afectación de los mecanismos de preparación sobre la dinámica del flujo es despreciable [3].

El transportador de estera puede verse como un sistema de parámetros distribuidos con dos variables de entrada (flujo de sólido a su entrada y velocidad de la estera) y dos de salida (flujo de sólido y nivel o altura a su salida), tal como se aprecia en la Figura 6.

Figura 6: Parámetros de una estera transportadora de caña.

El caudal o flujo en cualquier punto de la estera se calcula mediante:

$$F(t, z) = A_e * N_e(t, z) * V_e(t) * \rho_e \quad (1)$$

Donde

A_e : Ancho de estera (m)

$N_e(t, z)$: Altura o espesor del colchón (m)

$V_e(t)$: Velocidad de la estera (m/min)

ρ_e : Densidad del colchón de caña en la estera elevadora (kg/m^3)

En particular, nos interesará el flujo de salida de la estera elevadora F_s^e pues coincide con el flujo de entrada a la tolva F_e :

$$F_s^e = F(t, z) = F_e, \quad (2)$$

Con lo cual el sensor deberá ubicarse en el tramo final de la estera surtidora a fin de medir el nivel del colchón $N_e(t, z)$.

Modelado de la tolva: El modelo del dosificador depende de la forma y dimensiones [4]. Se considera una tolva de sección rectangular constante con altura R, ancho A y profundidad P. La ecuación de balance de masa en la tolva es la siguiente

$$\frac{dm}{dt} = F_e - F_s = F_N, \quad (3)$$

El flujo de caña absorbido por el primer equipo de molienda puede calcularse por:

$$F_s = A * H * \gamma(t) * w_m, \quad (4)$$

La velocidad tangencial de las masas del molino w_m es constante, debido a que son operados a velocidad constante. El ancho de las masas (A), obviamente, es también constante e igual al ancho de la tolva. Por el contrario, ni el espesor del colchón de caña entre las masas H (la separación entre la masa superior y la masa cañera) ni la densidad del colchón en ese punto (γ) son constantes para todo el espacio de operación posible. Ambas dependen en forma no lineal de la altura o nivel del colchón en la tolva y de la presión aplicada a los molinos [13].

Sin embargo, si el nivel del colchón de caña en la tolva se mantiene entre un 40 y un 80 % de la altura máxima de la tolva y la presión aplicada a los molinos es constante, entonces tanto la flotación H como la densidad pueden considerarse prácticamente constantes en ese intervalo.

Como quiera que se controle a valor constante la altura del colchón en la tolva, entonces se puede considerar sin gran error que el flujo de caña absorbido por el primer

equipo de molienda es proporcional a la velocidad de los molinos [14].

La masa de caña en la tolva se calcula por:

$$m(t) = A * P * N_T(t) * \rho_0, \quad (5)$$

Donde:

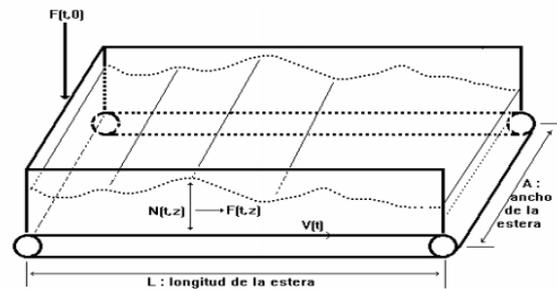
A : Ancho de la tolva (m).

P : Profundidad de la tolva (m).

N_T : Altura del colchón de la caña (m).

ρ_0 : Densidad media del colchón de caña en la tolva (kg/m^3).

Finalmente, el modelo de la tolva queda determinado en el dominio del tiempo por:



$$N_T = \frac{1}{A * P * \rho_0} (F_e(t) - A * H * \gamma(t) * w_m) \quad (6)$$

El dosificador o tolva de alimentación es modelado como un integrador, cuyo variable de salida (nivel de caña en tolva), depende de la integración del flujo de entrada [14]. Para el caso del ingenio "Argeo Martínez" la constante de integración resulta es 0.000185.

Modelado del motor eléctrico de jaula de ardilla

Para la modelación del motor de jaula de ardilla primeramente se realizó el recalcu, por dos métodos diferentes de los motores, presentes en los accionamientos principales (esteras) del área de preparación con el objetivo de obtener los datos necesarios del mismo, tales como la potencia, velocidad (m/s), etc., considerando como condición de operación el régimen más severo es decir a plena carga.

Regulación de frecuencia: Gama de más elevadas prestaciones y simplicidad de uso, especialmente aplicado en controles de par, velocidad y posición:

Especificaciones Generales FR-A700

- Gran Rango de Potencias: 0,4 a 630 kW (divididos en 29 referencias)
- Rango de regulación de salida de velocidad: 0 a 400 Hz

- Frecuencia portadora PWM regulable de 0,7 a 14,5 kHz (sin reducción de potencia)
- 4 Niveles de sobrecarga máxima seleccionables. Ajustables perfectamente a las necesidades exigidas por cada tipo de aplicación, pudiendo llegar a suministrar hasta el 250% del valor nominal durante 3 segundos.
- Incorporación de unidad de frenado integrada hasta los 22kW permitiendo así la conexión directa al bus de continua de resistencias de frenado.
- Construidos con componentes de alta fiabilidad y durabilidad, diseñados para garantizar una vida de 5 años superior a la media de cualquier otro variador.

Características más importantes

- Ahorro Energético
- Mediante la actualización del control vectorial que se utiliza en la serie predecesora (FR-F500), se ha logrado un mayor ahorro en régimen permanente y sobretodo en las aceleraciones/deceleraciones
- La actual gama FR-A500 y FR-F700 permiten programar hasta 5 puntos de V/F. En el caso del FR-F700 y conjuntamente con el control óptimo de excitación de par, podrá conseguir grandes ahorros energéticos:
- Función Anti-molino
- Arranque suave del motor que rueda en sentido contrario debido al efecto molino.
- Rearme automático y búsqueda frecuencia frente micro-cortes de tensión
- Funciones prevención desgaste
- Permite prever la longevidad del variador (ej.: condensadores 10 años) mediante entradas y salidas digitales

CD-420

El convertidor CD-420 se destina a aplicaciones en la medición de nivel de sólidos y líquidos donde no sea posible la medición continua por cuestiones de proceso. El CD 420 opera junto con sensores capacitivos de proximidad mod. STF-2500C, o cualquier similar, incluido electromecánicos, que suministran salidas en colector abierto o contacto seco. La salida del convertidor es ajustable de 0 a 100% del span, y acepta hasta seis sensores. En los casos de utilización de sensores activos, como el STF-2500C, el CD 420 proporciona la tensión de alimentación para los mismos, simplificando los proyectos de aplicaciones, a los dispensadores de fuentes externas auxiliares de alimentación continua [5].

Especificaciones Técnicas

- Alimentación: 110 / 220Vac 60Hz;

- Entradas: 1 a 6 entradas digitales (opto-aisladas);
- Salidas: 1 salida de señal analógica 4-20mA;
- 1 salida de -12Vdc / 450mA (para alimentación de hasta 6 sensores de 70mA);
- Temperatura de funcionamiento: 0-50C;
- Montaje: Riel DIN 35mm o tornillos;
- Grado de protección: IP-00;
- Consumo: 9,6VA;
- Peso: 705g; y
- Dimensión: 75x100x123mm (AxLxP).

Sensor Capacitivo STF-2500C

STF-2500C es un dispositivo electrónico de precisión destinado a detectar diversos tipos de materiales sólidos o líquidos en medio agresivos o en aplicaciones en las que los sensores de conductores no se muestran debido a la presencia de humedad, corrosión, etc. [5].

Especificaciones técnicas

- STF-2500C junto con el convertidor para CD420 monitoreo y control de nivel;
- Alimentación: 12 - 30 Vdc (24 VCC nominal);
- Pantalla: LED “disparada”;
- Sensibilidad: 0 - 50 mm (ajustable);
- Salidas: modo de alta y baja (modo de máximo 100mA de corriente)
- Temperatura de funcionamiento: 0-50 ° C;
- Instalación: fijación y tornillos;
- Grado de protección: IP-65;
- Consumo: 0,7VA;
- Dimensiones: 42 mm x Ø127mm (alto x profundidad)

PLC Mitsubishi FX3U

Gracias al diseño del FX3U, el PLC puede adaptarse aún mejor a sus requerimientos. Al igual que con el resto de los miembros de la familia FX, a la derecha de una unidad base FX3U es posible conectar un gran número de módulos diversos. Si se emplean los nuevos módulos de extensión de comunicación de la serie FX3U, el FX3U cambia automáticamente su bus de comunicación al modo de alta velocidad. Aun así queda garantizada la plena compatibilidad con los módulos de extensión de las series FX0N y FX2N. Si se conectan módulos de estas series, el FX3U reduce entonces también automáticamente la velocidad de transmisión en el bus [6].

El FX3U está equipado con seis contadores de alta velocidad, cada uno de los cuales puede procesar señales de hasta 100 kHz simultáneamente por canal. En combinación con tres salidas de tren de pulsos con máx.100 kHz resulta un sistema sencillo de posicionamiento de 3 ejes que no requiere módulos adicionales [6].

- **Rango de entradas/salidas** 16 hasta 384 (máx. 256 en unidad base/de extensión)
- **Memoria de programa** 64 k pasos (estándar)
- **Procesamiento de instrucciones básicas** 0,065 μ s/instrucción lógica
- **Procesamiento de señales analógicas** Hasta 80 entrada analógicas, 48 salidas analógicas
- **Extensiones analógicas** disponibles 14 módulos diferentes con entradas y salidas analógicas y para el registro de la temperatura

6. Catálogo del PLC Disponible en: <https://es3a.mitsubishielectric.com/fa/es/dl/1026/166963.pdf>, (2020)

CONCLUSIONES

- Se realizó una propuesta de modificación en el control del proceso de alimentación de caña a la tolva del primer elemento de molienda en el central azucarero “Argeo Martínez”. En particular, la sustitución del control manual por uno automático.
- A partir de la descripción detallada de cada accionamiento que interviene en el proceso de preparación de la caña y sus esquemas de control, así como de los requerimientos técnicos de los mismos, se definen las posibles perturbaciones que pueden afectar el proceso.
- Se describen los instrumentos que fueron seleccionados para el sistema de control automático, que permita el flujo constante de caña al primer molino del Tándem en el central “Argeo Martínez” de la provincia Guantánamo.

REFERENCIAS

1. Basallo Triana, Yesid Fernando, “Optimización del sistema de descarga de caña a los conductores de un ingenio azucarero”, Universidad autónoma de occidente, Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali, Ecuador, (2006).
2. González Pérez, F. “Control operacional de algunos factores agroindustriales que afectan la cogeneración en ingenios azucareros”. Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias, UCF, (2002).
3. Domínguez, A., M. Ramírez, M. Angulo. “Simulación del control por velocidad del nivel en una tolva de alimentación de molinos de caña” Memorias de la Conferencia Internacional FIE08. Santiago de Cuba. Cuba, julio, (2008).
4. Medina Palta Johanna, Trabajo de Diploma, Tema: “Diseño de un sistema de automatización para un procesos de extracción de jugo de caña”, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, (2010).
5. Catálogo de productos de la marca FERTRON, Disponible en : http://www.fertron.com.br/docs/catalogo_produtos_espanhol.pdf&ved=2ahUKEwi76a6rzoZqAhUmc98KHTuBBPEQFjABegQIA-xAI&usg=AOvVaw1NMpzzqcZW0YsBfhn55PCF&cshid=1592526189403, (2020)