

# Implementación de la automatización en las plantas extractoras\*

## *Palm oil mill automation and implementation*

NICHOLAS B.H. LIM<sup>1</sup>

### RESUMEN

La sistematización se justifica si ésta optimiza la eficiencia del proceso, es decir si aumenta la productividad, reduce los costos de producción, mejora la calidad del producto y garantiza la adopción de normas de seguridad que cumplan con el reglamento estatutario de seguridad industrial. Desde el punto de vista de la supervisión, control y manejo, las plantas extractoras ofrecen excelentes oportunidades de sistematización. Los procesos de las plantas extractoras generalmente carecen de control sistematizado y la administración se ha dado cuenta de que el control sistematizado del proceso, cuando se aplica correctamente, puede ofrecer excelentes beneficios. La sistematización puede contribuir significativamente a la reducción de los errores humanos en la operación de la planta, los cuales pueden afectar negativamente la eficiencia, y puede mejorar la confiabilidad del muestreo manual del proceso, el cual, si no es representativo, puede generar decisiones incorrectas en el manejo del proceso. El nivel de sistematización que se requiere para una determinada planta se rige por factores tales como: la producción del proceso, la complejidad del proceso, si las condiciones del proceso son críticas, los requisitos de utilización de la planta. El alto nivel de sistematización necesaria para los primeros tres factores es obvia; el cuarto factor es esencial puesto que puede ser costoso encontrar el personal capacitado para manejar las plantas de manera tal que puedan funcionar en condiciones ambientales adversas o durante los fines de semana y días festivos o durante la noche. La mayor parte de los éxitos obtenidos en la sistematización de plantas extractora son esencialmente ad-hoc y el enfoque práctico integrado de la sistematización de las plantas sigue siendo esquivo para la industria de la extracción. La búsqueda de una respuesta definitiva continúa. Se ha desarrollado un criterio práctico e integrado para la sistematización de toda la planta para la industria del aceite de palma. Los resultados obtenidos de la evaluación de la sistematización de la totalidad de una planta han sido positivos y alentadores.

### SUMMARY

Automation is justifiable if it can improve process efficiency, increase yield, improve productivity, reduce production cost, improve product quality and improve safety standards to meet industrial safety regulatory regulations. From the view point of process supervisory control and management, the palm oil mill promises tremendous opportunities for automation. The processes in a palm oil mill are mostly without automatic control and management is beginning to realize that process control automation, when properly applied, can result in much benefits. Automation can help reduce substantially the human error problems in plant operation which can adversely affect efficiency and it can improve also the reliability of manual process sampling which if not representative can result in incorrect process management decisions. The degree of automation required plant is governed by factors such as: the throughput of the process, the complexity of the process, whether process conditions are critical, plant utilization

\* Ponencia presentada en la XII Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite. "Retos y oportunidades para la Palma de Aceite". 3 al 5 de septiembre de 1997. Cartagena de Indias, Colombia.

Traducido por Fedepalma. Esta ponencia se encuentra disponible en inglés en el Centro de Información de Fedepalma.

<sup>1</sup> CSI Project Mangement Services Sdn, Bhd. Taman Mayang Java, 47301 Petaling Jaya. Selangor. Malasia.

requirements. The high degree of automation required for the first three factors are obvious; the fourth factor is essential because it may be costly to find suitable staff to operate a plant which has to be run under adverse environmental conditions, or during weekends and public holidays of overnights. Most automation successes achieved in palm oil today are essentially ad-hoc and practical integrated approach to mill automation is still elusive to the milling fraternity. The search for an ultimate answer continues. A practical and integrated approach to plant-wide automation was developed for the palm oil industry. Results obtained from the evaluation of the plant-wide automation system implemented have been both encouraging and beneficial.

Palabras claves: Plantas extractoras, Automatización, Programación, Equipo, Procesos.

## INTRODUCCIÓN

La automatización se justifica si puede mejorar la eficiencia del proceso, es decir, aumentar la producción, mejorar la productividad, por ejemplo: disminuir los costos de producción, mejorar la calidad del producto y mejorar los estándares de seguridad para cumplir con las reglamentaciones estatutarias de seguridad industrial. Desde el punto de vista del control de supervisión y manejo del proceso, la planta extractora de aceite de palma promete grandes oportunidades para administración, y promete grandes oportunidades para la automatización, y cuando se aplica adecuadamente, puede resultar en grandes beneficios. La automatización puede ayudar a reducir en forma sustancial los problemas del error humano en la operación de la planta, lo cual puede afectar adversamente la eficiencia, y también puede mejorar la confiabilidad del proceso manual de muestreo, el cual, si no es representativo, puede ocasionar malas decisiones sobre el proceso por parte de la gerencia.

El grado de automatización requerido para una planta en particular se rige por factores tales como:

- el volumen del proceso
- la complejidad del proceso
- si las condiciones del proceso son o no críticas
- los requerimientos de utilización de la planta

El alto grado de automatización requerido para los tres primeros factores es obvio; el cuarto factor es esencial porque puede ser costoso encontrar un equipo humano adecuado para operar una planta que ha sido operada bajo condiciones ambientales adversas o durante fines de semana, en festivos o en horarios nocturnos.

Hoy día, la tendencia es hacia la utilización de sistemas programables de memoria con base en

microprocesadores. Tales sistemas ofrecen un número de ventajas al compararlos con otros.

Las ventajas son las siguientes:

- capacidad para ser programados a ejecutar una diversidad de tareas
- capacidad para ser modificados como y cuando se requiera simplemente cambiando las instrucciones adecuadas
- costos relativos bajos
- capacidad de almacenar grandes cantidades de información y procesar esta información a grandes velocidades
- facilidad de expansión

Algunas desventajas de los sistemas con base en procesadores son las siguientes:

- son técnicamente complicados; normalmente necesitan de especialistas para el diseño de la programación y el mantenimiento
- sistemas pequeños pueden ser costosos

Lo expuesto anteriormente no es necesariamente cierto hoy en día con la llegada de sistemas de control con microprocesadores amigables para el usuario.

## ÁREAS PRINCIPALES SELECCIONADAS HOY DÍA PARA SER AUTOMATIZADAS

Las principales áreas probadas para la automatización que han demostrado prácticas beneficiosas para la eficiencia del proceso se seleccionaron para implementar los sistemas de automatización de la planta en general (Fig. 1 y 2). Estas áreas son las siguientes:

Sistema de Control del Esterilizador completo con el Sistema de Transferencia Entre Vapores

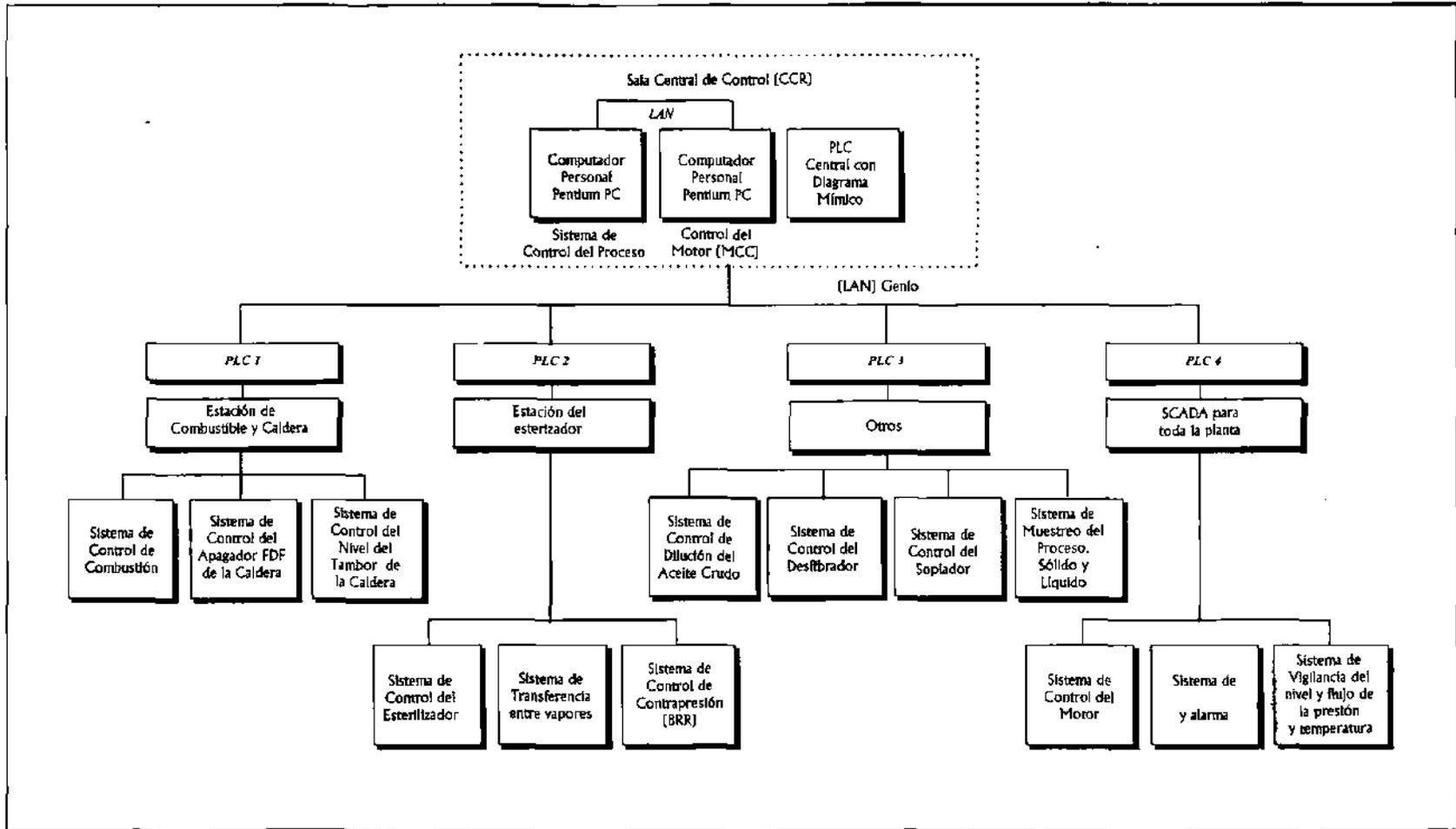


Figura 1. Diagrama del sistema de Control Inteligente para toda la Planta.

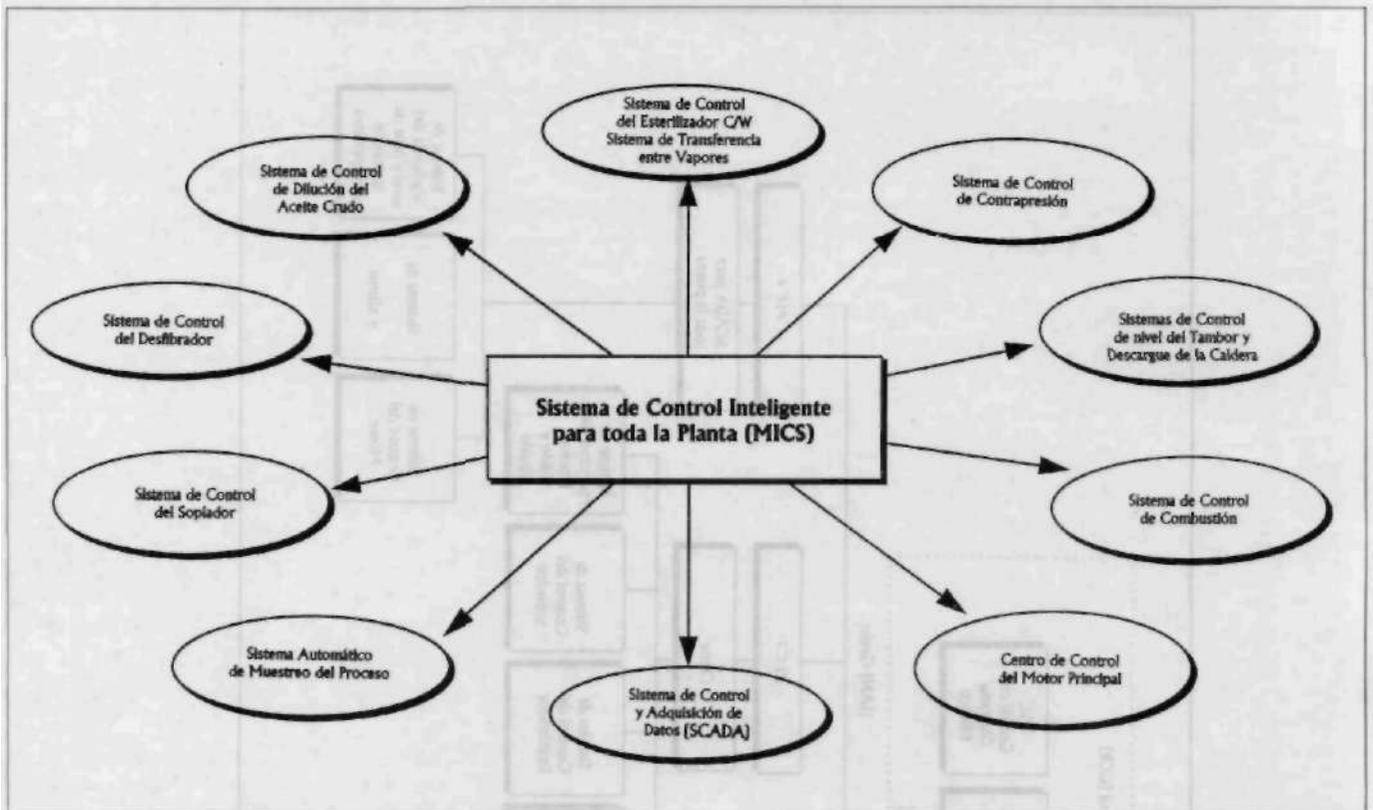


Figura 2. Sistema de Control Inteligente para toda la Planta.

- Sistemas de Control de Depósitos o Receptores de Contrapresión para protección de turbina y mantenimiento de la presión de vapor adecuada requerida para el proceso de esterilización
- Sistema de Control de Dilución del Aceite Crudo con base en medición de flujo
- Sistema de Control del Desfibrador con base en medición de flujo de aire
- Sistema de Control del Soplador con base en medición de flujo de aire
- Sistema Automático de Muestreo del Proceso
- Sistema de Control y de Adquisición de Datos del Proceso (SCADA)
- Central Control de Motor Principal
- Sistema de Control de Combustión
- Sistema de Control de Nivel de Tambor Principal de Caldera
- Sistema de Control de Descargue Automático de Caldera

### SISTEMA DE CONTROL DEL ESTERILIZADOR

**E**l objetivo del sistema es lograr la optima utilización del vapor a lo largo del proceso de extracción.

Este es un sistema inteligente de control, donde todas las válvulas de entrada de vapor, las válvulas de intertransferencia del vapor, las válvulas de escape del vapor y las válvulas de drenaje del condensado de los esterilizadores individuales se operarán de acuerdo al algoritmo del software diseñado especialmente (Fig. 2A).

Inicialmente, el sistema arrancará con un control de secuencia del lote, donde los esterilizadores arrancarán automáticamente en una secuencia de 1-3-2-4. Por motivos de seguridad, las válvulas de entrada de vapor no se abrirán si no se cumplen las siguientes condiciones:

- Las puertas del esterilizador deben estar cerradas.
- El esterilizador debe estaren la modalidad "Auto".
- El esterilizador debe colocarse en la modalidad "Listo" (Ready).

El sistema controlará la apertura de las válvulas de entrada de vapor con base en la presión de los esterilizadores, del receptor de contrapresión y de la caldera.

Con las válvulas de entrada de vapor de tipo modulación y las válvulas de drenaje de condensado, el sistema puede asegurar que se alcance todo el

tiempo el nivel óptimo de presión del Receptor de Contrapresión (BPR).

Para conseguir la máxima utilización del vapor y otros beneficios, el sistema puede ejecutar funciones especiales como las siguientes:

- Cuando un esterilizador en operación está en la etapa de "Escape" (Exhausting), la válvula de entrada de vapor de un esterilizador "Listo" (Ready) se abrirá y procederá con su etapa de "Pre-deaeración"(Pre-deaeration). Así, el exceso de vapor se utiliza completamente.

Cuando dos esterilizadores en operación están en la etapa de "Espera" (Holding) y el esterilizador restante no puede estar listo para operar debido a circunstancias imprevistas, el sistema controlará una válvula de drenaje de uno de los esterilizadores en operación para permitir que se drene el vapor por vía del esterilizador. La válvula de drenaje de tipo modulación se abrirá con base en la presión del Receptor de Contrapresión (BPR). Así, el sistema puede mantener la presión del Receptor de Contrapresión (BPR) en el nivel óptimo en todo momento. Además, el descargue del exceso de vapor a la atmósfera desde el Receptor de Contrapresión (BPR) también se puede evitar.

Cuando un esterilizador en operación está en la etapa de "Escape" (Exhausting), el vapor de

escape se transferirá a un esterilizador "Listo" (Ready) antes que se escape a la atmósfera. Así se puede evitar la utilización del vapor de desecho.

- Cuando la presión del esterilizador se baja al 70% del valor establecido durante la etapa de "Espera" (Holding), el sistema ampliará el tiempo de cocción proporcionalmente. Esto asegurará que todos los Racimos de Fruta Fresca (FFB) estén adecuadamente esterilizados.

Los siguientes beneficios son generados por el sistema:

- Se puede obtener un buen patrón de esterilización en toda la operación de extracción.
- Se puede obtener un efecto de esterilización más preciso sobre los RFF debido al control de precisión del patrón de esterilización.
- Se puede lograr mejor utilización de vapor en toda la operación de extracción.
- Se puede lograr un incremento en el volumen de esterilización.
- Se puede minimizar el tiempo ocioso del proceso debido a la programación del computador del proceso de esterilización.
- La penetración de vapor en los RFF se puede mejorar ampliamente debido a la buena y consistente presión del vapor ejercida a lo largo de toda la operación de extracción.
- Se pueden reducir bastante los racimos no desgranados por las mejores condiciones de esterilización.

- La mano de obra en esta planta se puede reducir, ya que todas las válvulas se controlan automáticamente.

- Se puede lograr una operación fácil y segura empleando el sistema de control.

### SISTEMA DE CONTROL DEL RECEPTOR DE CONTRAPRESIÓN (BPR)

Es esencial incorporar este sistema al Sistema de Control del Esterilizador

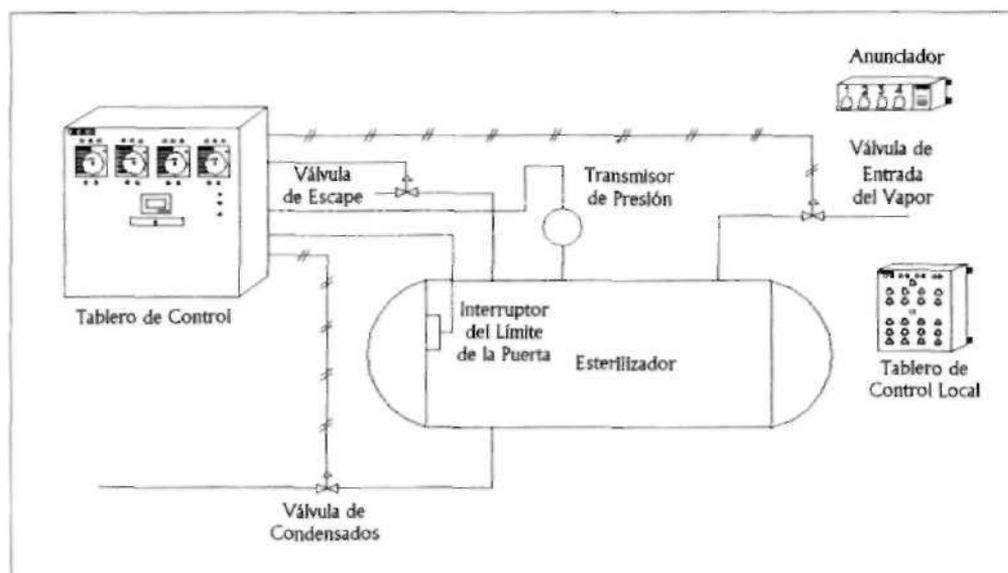


Figura 2A. Sistema de Control del Esterilizador.

con el fin de mejorar aún más el comportamiento de la planta extractora.

Este sistema controla la válvula de control del Receptor de Contrapresión (BPR) con base en la presión de la caldera así como en la presión del Receptor de Contrapresión (BPR). Estará completamente cerrado cuando la presión de caldera caiga a un nivel límite inaceptablemente bajo. La no existencia de un sistema de control apropiado en esta área puede ser desastroso para la turbina cuando un pico en la demanda de vapor puede dar lugar a que el suministro de vapor de la caldera lleve agua (Fig. 2B).

Convencionalmente, cuando la presión de la caldera cae a su nivel crítico (por ejemplo: 250 psig en este caso), el operador de caldera ejecutará cualquiera de las siguientes operaciones:

- Reducir la presión del Receptor de Contrapresión (BRP) hasta aproximadamente 20 psig, evacuando a la atmósfera el vapor fresco del Receptor de Contrapresión (BRP).
- Operar el generador diesel para estabilizar la situación.

Esta situación causará una interrupción en la central

de esterilización debido a la falta de vapor. Así, el volumen del esterilizador se afecta.

El sistema controla continuamente el nivel de presión tanto de la caldera como del Receptor de Contrapresión (BPR). Siempre que la presión de caldera caiga de su nivel crítico (es decir de 250 psi), el sistema reducirá la presión del Receptor de Contrapresión (BPR) a un nivel donde el generador de la turbina no será interrumpido. Con este control, se puede llegar a la siguiente condición:

- Es posible la máxima utilización del vapor.
- Se elimina la fluctuación en el suministro de energía por la turbina de vapor.
- Se evita el tiempo de parada de la planta causado por disminuciones súbitas en la presión de caldera.

### SISTEMA DE CONTROL DE LA DILUCIÓN DEL ACEITE CRUDO

El objetivo principal de los procesos de clarificación/centrifugación es separar el mayor cantidad de aceite posible del aceite crudo.

El control automático de la dilución del aceite crudo se puede desarrollar de tres maneras:

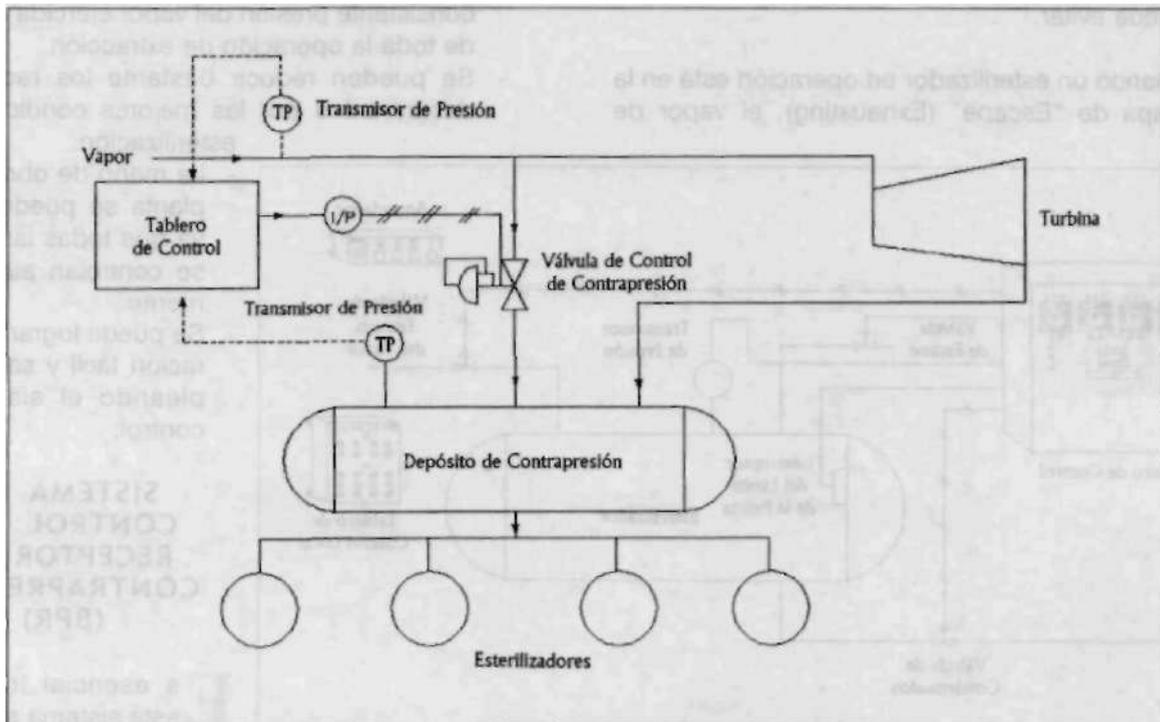


Figura 2B. Sistema de Control de Contrapresión.

- Control de Medición y de Proporción de Flujo
- Medición y Control de Viscosidad
- Composición

El Control de Proporción de Flujo, usando el flujo como medición y como parámetro de control, es el sistema más sencillo y directo de los tres. Las medición y control de la viscosidad y composición requieren de instrumentos más complicados y costosos, por ejemplo un viscómetro y un analizador de composición, respectivamente. El sistema de control de proporción de flujo es por lo tanto la selección lógica.

El controlador de proporción recibe señales de los transmisores de Aceite Crudo Diluido (DCO) y de Flujo de Agua Caliente. La medición del caudal del flujo del Agua de Dilución (W) entra a la junta de colección del controlador. El punto de ajuste del controlador se genera tomando la medición del flujo del Aceite Crudo Diluido y multiplicando el DCO por una constante  $K1$ , así que, si  $W > K1 \times DCO$  el controlador disminuye W y viceversa. En este Sistema de Control de Proporción, el control se logra manipulando una válvula que controla W mientras que la tasa de flujo del Aceite Crudo No-diluido se deja sin controlar Fig. 2C (I).

Idealmente, la determinación directa de la variación del porcentaje de contenido de agua en el aceite crudo no-diluido original después de las prensas, permitiría

mantener el porcentaje actual de contenido de agua en el aceite crudo. Esto no sería necesario como lo indican las curvas típicas de asentamiento del aceite crudo en la Figura 2C(II). El proceso de control debe ser práctico y efectivo con relación al costo.

### SISTEMA DE CONTROL DEL DESFRIBRADOR

Una de las áreas en donde pueden haber pérdidas de almendra es en el desfribrador, donde un registro apagador controla la cantidad de aire de succión, es decir, la velocidad de levante requerida. Como el registro apagador está ubicado por encima del nivel del piso, el operador tiene que montarse para cambiar su posición. Si una prensa de tornillo deja de operar, también se succionan junto con la fibra nueces enteras y partidas y esto conduce a grandes pérdidas. Un sistema automático de control puede instalarse a muy bajo costo, y este regulará automáticamente la posición del registro apagador con relación al número de prensas de tornillo sinfín que están en operación, asegurando así el buen control con un período de retorno de pago rápido (Fig. 2D).

### SISTEMA DE CONTROL DEL SOPLADOR

Una de las áreas en donde se puede perder almendras es en el Soplador, donde un registro

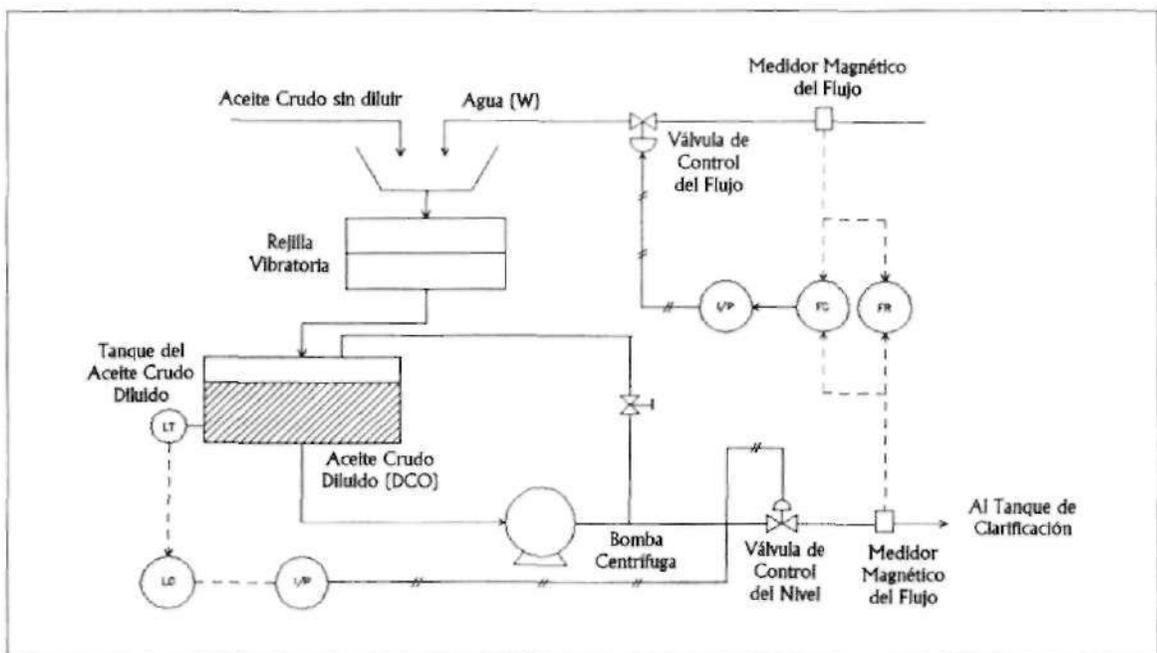


Figura 2C (I). Sistema de Control de Dilución del Aceite Crudo.

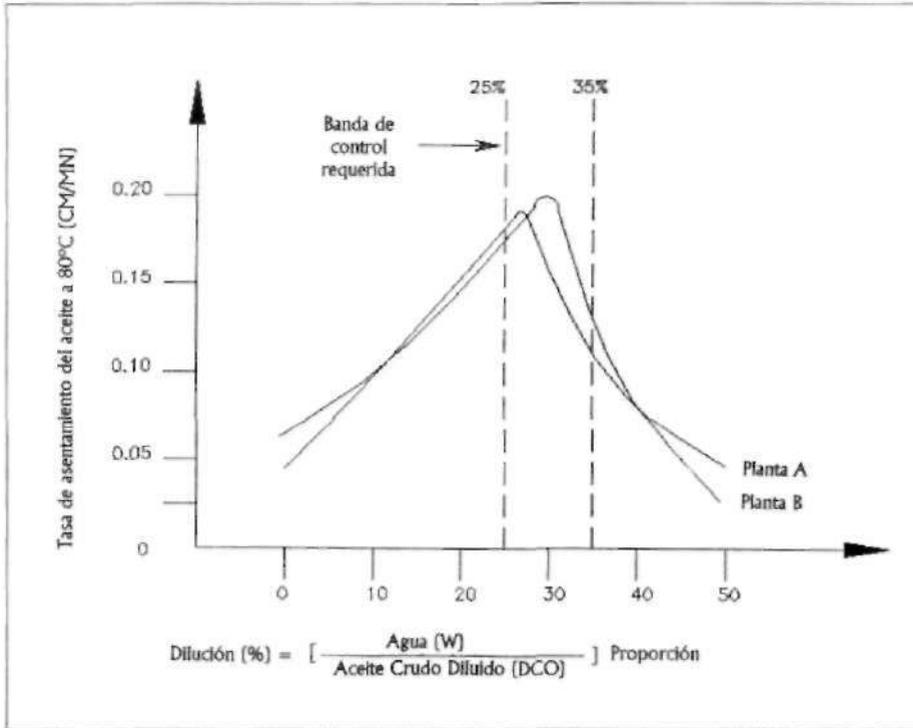


Figura 2C (II).

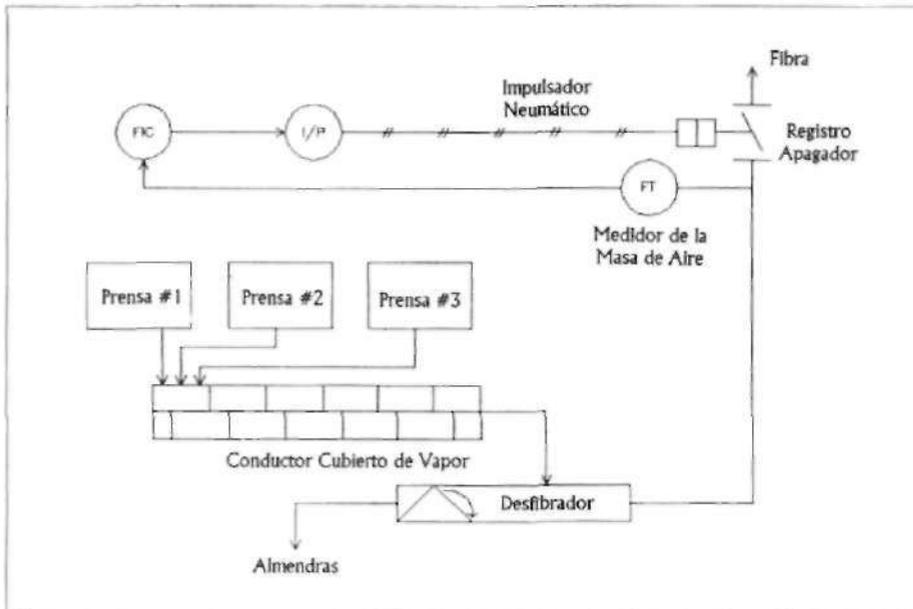


Figura 2D. Sistema de Control del Desfibrador.

apagador controla la cantidad de aire de succión, es decir, la velocidad de levante requerida. Como el registro apagador está ubicado por encima del nivel del piso, el operador debe montarse para cambiar su posición. Si una unidad rompedora de nueces o un

agitador deja de operar, se succionan almendras enteras y rotas con la cascara y esto conlleva a grandes pérdidas. Un sistema automático de control regula la posición del registro apagador con relación al número de rompedores de nueces o de agitadores que estén en operación, asegurando así buen control con un período rápido de retorno (Fig. 2E).

### SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL DEL TAMBOR DE CALDERA DE TRES ELEMENTOS

Este sistema de control de nivel del tambor de caldera de tres elementos (Fig. 2F) debe emplear tres variables de proceso como entradas del sistema de control:

- Nivel del Tambor (LT-101)
- Flujo de Vapor (FE-102)
- Flujo de Agua de Alimentación (FE-201)

El sistema de control propuesto también debe emplear tres funciones de control:

- Retroalimentación
- Postalimentación
- Cascada

La siguiente descripción se refiere a la Figura 2F:

El cambio de carga, en la forma de cambio de flujo de vapor, se mide por medio del transmisor de flujo de vapor. La raíz cuadrada de la señal se extrae y se transmite al computador de flujo de agua de alimentación. El nivel del tambor se mide y la señal se transmite al controlador de nivel del tambor,

donde se compara con su punto de ajuste. El controlador produce las señales correctivas necesarias para mantener el nivel del tambor en su punto de ajuste. La salida del controlador de nivel del tambor se transmite al computador de flujo de agua de alimentación.

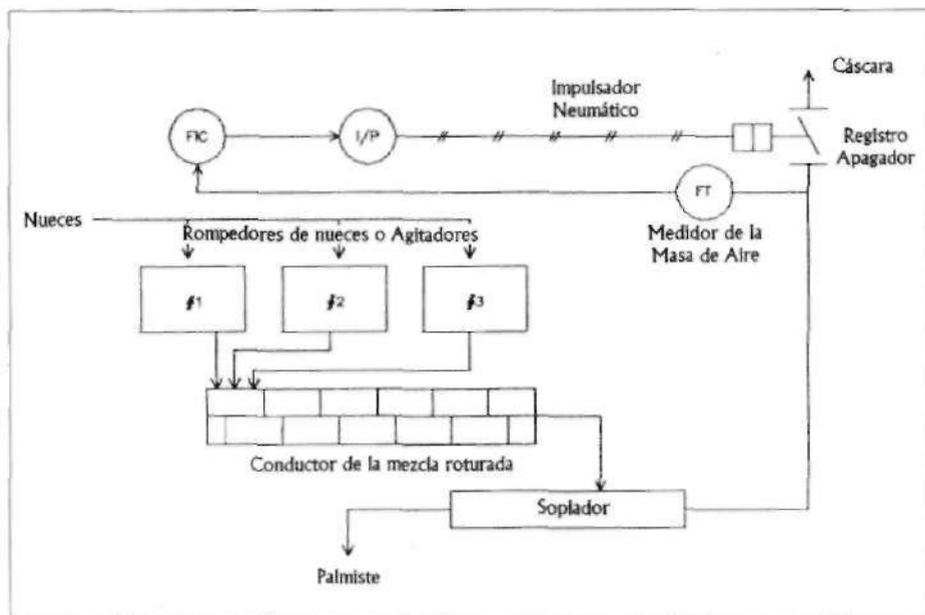


Figura 2E. Sistema de Control del Soplador.

El computador de flujo de agua de alimentación combina la señal de las dos variables, flujo de vapor y nivel del tambor. El propósito del computador de flujo de agua de alimentación es proporcionar los cálculos de la influencia sobre el flujo de agua de alimentación de postalimentación y retroalimentación. También se proporciona algún condicionamiento de las señales.

La salida del computador se alimenta al controlador de flujo de agua de alimentación como índice o punto de ajuste del flujo de agua de alimentación.

El agua de alimentación se mide, se saca la raíz cuadrada, y la señal se transmite al controlador de flujo de agua de alimentación donde se compara con su punto de ajuste. El controlador produce la señal correctiva necesaria para mantener el flujo de agua de alimentación en su punto de ajuste, ajustando la válvula de control de agua de alimentación.

### SISTEMAS DE CONTROL DE DESCARGUE AUTOMÁTICO DE LA CALDERA

El descargue intermitente de la caldera se usa para controlar el nivel de los sólidos disueltos totales (TDS) en el agua de la caldera. El nivel de los sólidos disueltos está directamente relacionado con la tendencia de formación de escamas del agua y debe mantenerse por debajo del máximo especificado. Las

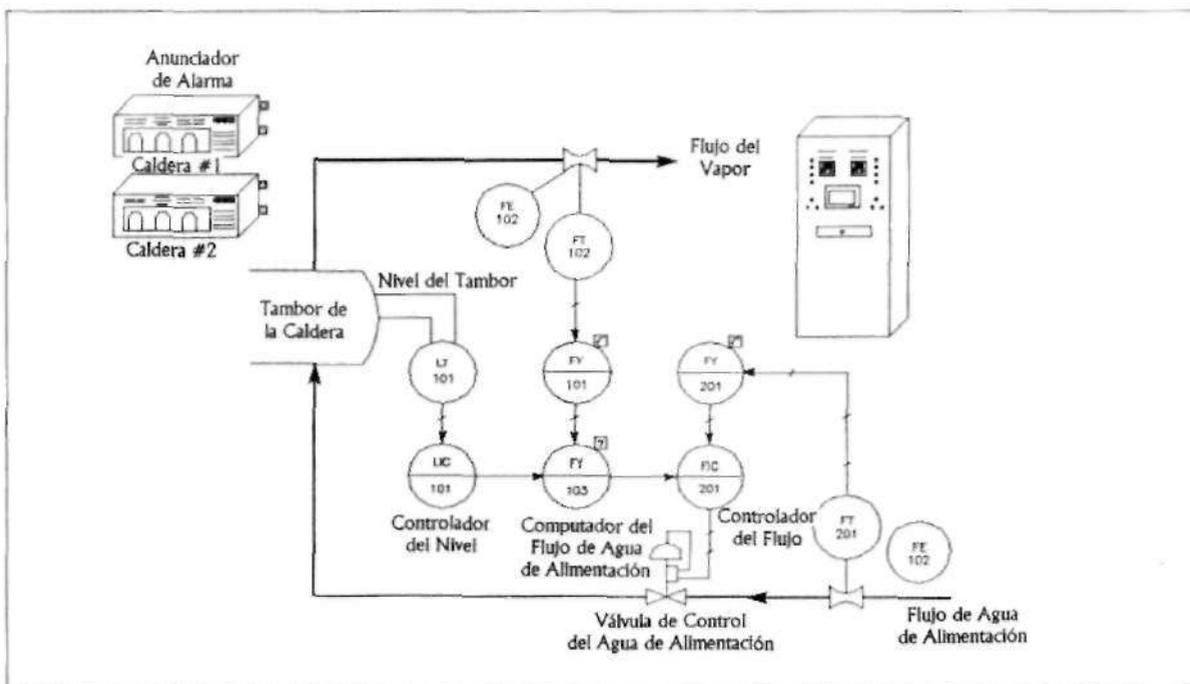


Figura 2F. Sistema de Control del Nivel del Tambor de Caldera de Tres Elementos.

mediciones de conductividad se emplean para asegurar el nivel de los sólidos disueltos totales (TDS). El muestreo se hace a intervalos predeterminados abriendo la válvula de descargue para permitir la medición precisa mediante el sensor. Cuando el nivel medido está por encima de un valor pre-establecido, la válvula de descargue se deja abierta hasta que las mediciones de conductividad caen por debajo del valor pre-establecido; de otra manera, la válvula se cierra al final del tiempo programado de duración de la muestra (Fig. 2G).

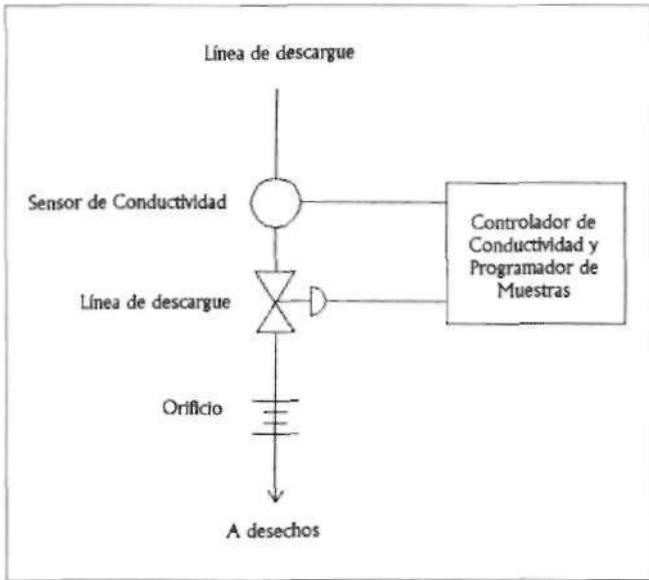


Figura 2G. Sistema de Control de Descargue Automático de la Caldera.

### SISTEMA AUTOMÁTICO DE MUESTREO DEL PROCESO

Se deben proporcionar tomadores de muestras de líquidos y sólidos con el sistema automático de muestreo donde la frecuencia del muestreo puede ser ajustable. Las muestras esenciales del proceso que deben tomarse automáticamente deben incluir las siguientes:

Tipo de Proceso/ Muestras de Calidad	Punto de muestreo
a) Muestras del Sinfín Rompedor de Torta	Final del CBC antes de Entrada al desfibrador
b) Ciclón de Fibra (CF)	Ex-válvula Sílice de Ciclón de Fibra
c) Mezcla Triturada	Ex-rompedor de Nueces
d) Cascara húmeda (WS)	Ex-hidrociclón o Baño de arcilla (Lado de la Caldera)
e) Almendra de Producción (PK)	Ex-silo de Almenbras
f) Desecho de la Centrifuga (CW)	Ex-centrifuga
g) Condensado del Esterilizador (SC)	Ex-tanque Condensado del Esterilizador

- h) Aceite Producción (PO) Ex-secador de Aceite o Enfriador de Aceite
- i) Aceite Crudo Diluido (DCO) Ex-tanque de Aceite Crudo

### SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE PROCESO

La adquisición de datos debe incluir la recolección de la siguiente información esencial del proceso:

- Temperatura del aceite crudo
- Temperatura del tanque de aceite de producción
- Niveles del tanque aceite crudo
- Presión de la caldera
- Presión de Contra
- Caudal del flujo de descargue del efluente con totalización
- Caudal del flujo de producción de aceite con totalización
- Medición de la producción total de almendra
- Presión de entrada al desarenador
- Base de datos Puento Báscula
  - Racimo de Fruta Fresca (RFF)
  - Aceite de Producción
  - Almendra de Producción
- Condición de operación de la turbina y ajuste del generador en la Casa de Máquinas
- Condición de Operación de toda la maquinaria de la Planta Procesadora
- Mensajes de alarma para cada evento en las máquinas individuales se puede generar en todo el proceso de extracción.

La ventaja principal del sistema es incrementar adicionalmente el volumen del proceso de extracción, al igual que reducir los costos de producción.

### CENTRAL DE CONTROL DE MOTOR PRINCIPAL (CCM)

Esta central debe estar ubicada en la sala de control central y servir como central de control del motor principal. Se requiere una estación de trabajo dedicada que debe ser una máquina PC Pentium. La central de control del motor principal (CCM) proporcionará seguridad conjunta para la maquinaria de la planta extractora. Así que los tiempos de parada de la planta por disparos del motor se pueden eliminar.

### SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIÓN

El objetivo del sistema de control de combustión es lograr la óptima utilización del combustible para la

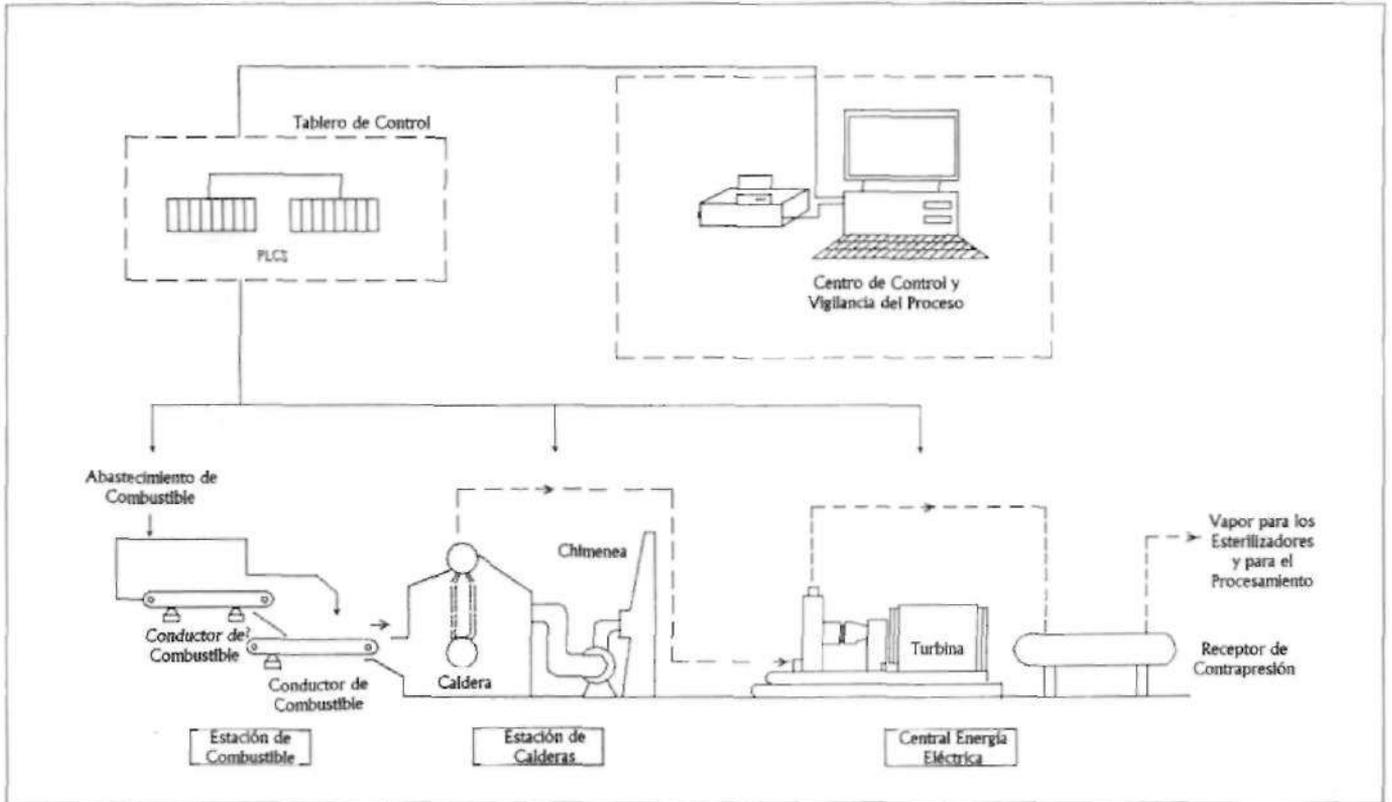


Figura 2H. Sistema de Control de Combustión - Diagrama esquemático.

combustión de la caldera. Así que se puede obtener una presión estable y consistente en la caldera, lo cual es un prerrequisito crucial para una planta extractora de aceite de palma eficiente.

Este es un sistema de control inteligente y confiable en donde la estrategia de control se basa en las siguientes variables de proceso para controlar la alimentación de la fibra y la cascara a la caldera:

- Presión de vapor de la caldera
- Presión del Receptor de Contrapresión (BPR)
- Cantidad de almacenamiento de fibra
- Número de prensas de tornillo sinfín en operación
- Número de rompedores de nuez en operación

El sistema siempre asegurará que se alimente más fibra o sólo fibra a la(s) caldera/calderas para evitar el problema de desecho de fibra. Al mismo tiempo, asegurará que la cantidad correcta de combustible se suministra a la(s) caldera/calderas para combustión óptima. Así que la presión óptima de caldera se puede mantener todo el tiempo con fluctuaciones mínimas.

Se pueden derivar los siguientes beneficios:

- Simplificación del trabajo a los trabajadores en la

estación de calderas.

- Reducción de la mano de obra.
- Optimización de la relación de fibra: cascara en el combustible para una buena condición de combustión.
- Reducción de la formación de escoria en la caldera y fácil remoción de escoria.
- Mejora en las emisiones de humo de las calderas.
- Mantenimiento de presión estable del vapor de la caldera.
- Aseguramiento del suministro continuo de combustible sin interrupción.
- Eliminación del tiempo de parada de la planta.
- Eliminación del suministro manual de combustible a la caldera.
- Obtención de ganancias adicionales de las ventas de las cascara sobrantes.

El sistema de control de combustión también incorpora un sistema de control del registro apagador FDF.

El objetivo del sistema es controlar la proporción de combustible-aire dentro del horno de la caldera para lograr una combustión óptima todo el tiempo.

Este es un sistema de control inteligente y confiable. El registro apagador FDF de la caldera se controlará con base en las siguientes condiciones:

- Presión de vapor de la caldera
- Caudal de suministro de combustible a la caldera

Este sistema asegurará que haya aire suficiente para la combustión en todo momento. Así, además de mejorar la condición del humo de la caldera, se puede lograr mejor presión de vapor de caldera en forma consistente.

### **CONCLUSIÓN**

Este sistema de control inteligente para toda la planta extractora proporciona una forma de automatización práctica e integrada para las plantas extractoras de aceite de palma. Los resultados

obtenidos del sistema implementado han sido motivantes y beneficiosos.

### **AGRADECIMIENTOS**

El autor desea agradecer al Presidente de "CSI Project Management Services Sdn. Bhd." por su permiso de publicación de este trabajo.

### **BIBLIOGRAFÍA**

SIVASOTHY, K.; NICHOLAS. B.H. LIM. 1985. Automation of palm oil mill. American Oil Chemist's Society. Journal (Estados Unidos) v.62 no.2.

NICHOLAS, B.H. LIM.; TIONG. K.H. 1988. Control of crude oil dilution in palm oil mill. American Oil Chemist's Society. Journal (Estados Unidos) v.65 no.12.

NICHOLAS. B.H LIM 1995. Millwide intelligent control system. In: US-Indonesia Business Forum 1995. Medan, Sumatra. Indonesia.