

Supervisión de plantas de beneficio y control de procesos

Industrial plant supervision and processes control

Camilo Novoa ¹; Hector Ricaurte ²

RESUMEN

La supervisión y el control de los procesos que están involucrados en una planta industrial se pueden implementar en muy diferentes niveles según diversas razones técnicas y económicas que los pueden condicionar o exigir. Cuando en determinado proceso un operador humano manipula una válvula u otro actuador para mantener una variable física dentro de límites fijados, se tiene un 'control manual'. Si el operador toma nota de los valores de dicha variable a intervalos regulares, se podrá "supervisar" el comportamiento de la misma a lo largo del tiempo. Sin embargo, en muchos casos lo anterior es insuficiente para brindar, en forma continua, un resultado apropiado o buena calidad de los resultados del proceso. El avance tecnológico actual permite hacer supervisión computarizada y controlar, si se quiere, en forma automática los procesos industriales a unos costos que aseguran perfecta viabilidad, obteniendo mayores rendimientos, estandarización del producto, mejoras importantes en la calidad final y reducción de los costos de producción. Existen sensores para casi todas las variables físicas que entregan una señal eléctrica fácilmente digitalizable. También se dispone de válvulas, posicionadores y otros actuadores que son comandados eléctricamente. De esta forma, mediante equipos electrónicos diseñados para el control, se puede mantener, en forma continua, dichas variables físicas en el valor más apropiado para un óptimo resultado. Siendo estos equipos digitales, es relativamente fácil llevar los datos a un computador, en el que un software especializado los muestra de diferentes formas gráficas y los almacena para ser analizados y utilizados en la optimización del proceso. En particular, las plantas de extracción de aceite de palma tienen diversos puntos donde el control automático y la supervisión computarizada son factibles y de gran utilidad. Prácticamente todas las variables físicas involucradas (presión, temperatura, caudal, corriente eléctrica, nivel, etc.) son medibles y pueden ser llevadas a un sistema de procesamiento digital, sin que ello signifique grandes costos. Igualmente, los costos de las válvulas y demás actuadores hacen viable completar el sistema de control. Con lo anterior se puede asegurar mejoras sustanciales en la calidad y estandarización del producto en cada una de las etapas (esterilización, desfrutado, prensado, clarificación, palmistería, calderas, generación y control de energía eléctrica, etc.). Mediante la lectura continua y el almacenamiento de datos en un computador, el software de supervisión nos permite correlacionar los resultados de producción y análisis de laboratorio con las condiciones en que fue procesado el fruto (variables de proceso) e incluso con la procedencia de los racimos de fruta fresca (proveedor/lote). Además, el hecho de poder analizar todos los factores en conjunto, con hora y fecha, se convierte en una poderosa herramienta para determinar cuáles variables han incidido en mayor proporción en la mejora o disminución de la eficiencia de la planta. También permite realizar estudios sobre el impacto que produce variar cada una de dichas variables o de la calidad del suministro de fruta fresca.

1 Ing. Electrónico. Gerente de Proyectos de VR Ingeniería.

2 Ing. Mecánico. Gerente General VR Ingeniería.

SUMMARY

The supervision and process control related to an industrial plant may be implemented at different levels according to technological and economical reasons that may condition or demand them. When in a specific process a human operator handles a valve, in order to maintain a physical variable within fixed limits, there is a "manual control". If the operator takes note of the values of such variable at regular intervals, its behavior through time may be "supervised". Nevertheless, in many cases, the previous is insufficient to give, in a continuous way, an appropriate result. Today's technological advance allows to perform a computerized supervision and automatically control the industrial processes with perfectly viable costs. With these higher yield, product standardization, important final quality improvements, and cost production reduction may be obtained. There are sensors for almost all the physical variables which give an electrical signal easily put in a digital form. There are also valves, positioners, and other regulating devices which are eclectically controlled. In this way, through electrical equipment, designed for control, such physical variables can be kept in the appropriate values for an optimum result. Being this a digital equipment, is relatively easy to pass data to a computer where a specialized software shows them in different graphical forms, and saves them to be analyzed and utilized for process optimization. Particularly, the oil palm mills have different points where the automatic control and the computerized supervision are feasible and of great use. Practically every physical variable involved (pressure, temperature, caudal, electric current, level, etc.) are measurable and can be transferred to a digital processing system, at no high costs. Likewise, the costs of the valves and the other regulating devices, make feasible to complete the control system. With these substantial improvements can be assured in product quality and standardization in each stage (sterilization, fruiting, pressing, clarification, kernel processing, generation and electric energy control). Through the continuous reading and data saving in the computer, the supervision software allows to correlate the results of production and laboratory analysis with the conditions in which the fruit was processed (process variables) and even with the precedence of the fresh fruit bunches (supplier/lot). Additionally, the fact of being able to analyze all the factors as a group, with time and date, becomes in a powerful tool to determine which variables have affected to a greater extent the improvement or diminishment of the plant efficiency. It also allows to perform studies on the impact that the variation of the variables produces on the quality of fresh fruit supply.

Palabras claves: Automatización, Vigilancia, Procesamiento, Control de fabricación. Plantas extractoras. Sensores, Equipo.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del mundo contemporáneo en todos los campos brinda nuevas herramientas, pero a su vez exige alta competitividad en la producción. Esto hace evidente la necesidad de que el producto de los procesos industriales mejore continuamente sus niveles de calidad y estandarización, disminuya sus costos y evolucione permanentemente. Los medios computarizados para supervisión y vigilancia, control de proceso, captura y almacenamiento de la información son instrumentos poderosos para lograr mantenerse al paso de los actuales retos.

Cada planta o proceso industrial plantea muy diferentes escenarios susceptibles de ser supervisados o controlados en forma sistematizada. En cada caso concreto se puede efectuar la implementación de este tipo sistemas en

diferentes niveles y para cada circunstancia se deben diseñar soluciones "a la medida".

En esta presentación, se parte de lo general a lo particular, viendo en principio lo que representa pasar de modos de operación y supervisión manual a contar con la asistencia de instrumentos y equipos diseñados específicamente para ese fin. En forma automática se puede efectuar labores simples, como el arranque de un motor en el momento oportuno, o más complejas, como mantener un flujo o una temperatura en el valor deseado a pesar de los cambios que pueden afectar dichas variables a lo largo de determinado período. De la misma forma, los valores pertinentes de todas las variables pueden ser capturados y almacenados para el posterior análisis. En el caso particular de las plantas de

extracción de aceite se estudia aquellas áreas donde la disposición del control y supervisión computarizados mejoran en mayor medida el desempeño del proceso y sus resultados.

También se verá lo que puede representar la centralización de la información de la planta en aspectos tales como el cruce de los datos de proceso de un bache contra los análisis de laboratorio del mismo o la transmisión en forma inmediata de todos los reportes a lugares remotos, entre otros. Por último se hará un análisis de la necesidad demostrada y creciente de que cualquier sistema de procesamiento digital que sea seleccionado tenga la capacidad de manejar los datos en formatos universales y abiertos a los paquetes de cálculo y bases de datos existentes en el mercado. Esto evidentemente permite a los usuarios usar la gran cantidad de datos que pueda generarse en forma familiar y más fácilmente accesible y además facilita la fusión de los datos del proceso con niveles superiores de administración y análisis.

COMPONENTES Y ESTRUCTURA

Para comenzar, se hablará del nivel físico de los procesos industriales. Aquí, se han ensamblado los engranajes que efectúan la transformación de las materias primas para obtener como resultado un producto final procesado. Esto naturalmente exige un mínimo de requisitos que logran que dicho producto tenga las características más aceptables para quien lo adquiere, lo que significa que se deban tener bajo control las condiciones en las que se procesa. En todos los casos es deseable llevar registro de muchas de estas condiciones de proceso con varios objetivos, entre otros, el de poder manejar estándares y garantizar una continua retroalimentación de los resultados contra los procedimientos. Existen varios componentes fundamentales que van completando los peldaños para obtener sistemas controlados y supervisados por medios automáticos. La planta moderna involucra en sus procesos dichos componentes para poder integrarse con los sistemas superiores de Tecnología Informática y de esta forma ser administrada y analizada eficientemente.

Sensores y actuadores

Cuando en determinado proceso se monta un sensor que mide o indica de alguna forma una variable física (presión, temperatura, caudal, nivel, motor en marcha, etc.), se ha dado el primer paso para poder ejercer control sobre el proceso, que es medir las variables físicas. Ejemplos de ello pueden ser un manómetro, un termómetro de carátula y una luz piloto. Con este primer paso, un operador humano puede manipular una válvula, un motor o algún otro actuador para que la variable física medida se mantenga dentro de ciertos límites fijados. Hasta este punto se tiene un control básico que se puede llamar 'control manual'. Si el operador toma nota de los valores de dicha variable a intervalos regulares, se podrá 'supervisar' el comportamiento de la misma a lo largo del tiempo.

Por diversas razones, entre otras, debido a que el control manual no garantiza en forma continua una calidad uniforme y siempre apropiada del producto, los sistemas de captura de datos y controles automatizados han desplazado en gran medida a los manuales. Existen sensores para casi todas las variables físicas, los cuales entregan una señal eléctrica estándar y fácilmente digitalizable. Sensores de presión, temperatura, caudal, nivel, pH, humedad, corriente eléctrica, diseñados para operar en condiciones severas con muy buena precisión, se consiguen en una amplia gama de materiales y formas que se adaptan a la mayoría de aplicaciones. Válvulas, posicionadores, controles de velocidad y otros actuadores que pueden ser comandados por una señal eléctrica completan la gama de elementos de campo que hacen posible gobernar prácticamente cualquier proceso por medios automatizados.

Equipos digitales de control y automatización

En el siguiente nivel se encuentran los equipos que cumplen la labor de indicar los valores de las variables medidas y regular el proceso mediante la interpretación de los sensores y la manipulación de los actuadores anteriormente citados. Estos equipos electrónicos, normalmente basados en un chip microprocesador, realizan las

operaciones en forma continua a intervalos de fracciones de segundo, lo cual los faculta para controlar aun procesos más críticos. Son diseñados con tecnología de punta para soportar las condiciones severas del piso de planta, de tal forma que su robustez es una de las características que más destaca. En su mayoría, son ideados de tal forma que puedan formar parte de una red de varios equipos que reportan sus datos a un PC u otro equipo central, por lo tanto cuentan con al menos un puerto en el nivel físico y un protocolo de comunicaciones en el nivel de "software". Tanto el puerto como el protocolo son, en casi todos los casos, estándares conocidos que hacen más fácil la integración de diferentes tipos de aparatos y de diferentes marcas a una sola red. Aquí se destacan los más frecuentemente usados en aplicaciones industriales, es decir, los controladores y los PLC. No significa, que éstos sean los únicos equipos digitales que se utilicen como herramientas para el control y supervisión de procesos en el piso de planta. En aplicaciones de mayor tamaño, donde hay una necesidad de regular infinidad de procesos sobre áreas extendidas se usan los DCS o Sistemas de Control Distribuido. También existen Equipos de Control Dedicado, que han sido diseñados para una tarea específica, que en la mayoría de las veces es muy compleja.

Controladores:

Son equipos individuales que efectúan dos funciones básicas: la comparación entre la variable medida y el valor deseado (consigna o "set-point") y la decisión o acción sobre el actuador que permite regular la variable medida. En su parte frontal están provistos de indicaciones luminosas que informan sobre el estado de la medida y del actuador, así como de la consigna. Cuentan también con un teclado que permite configurarlos para una respuesta adecuada.

Por su acción se puede decir que hay dos tipos, los de control ON-OFF y los de control análogo. Los de tipo ON-OFF tienen únicamente dos estados en su salida al actuador: el estado de encendido (ON) y el estado de apagado (OFF). Como ejemplo se puede mencionar el control de temperatura de un tanque de agua mediante inyección de vapor. El controlador toma el valor

de la temperatura real del tanque de un sensor instalado en el mismo (variable medida), la compara con un valor que se le programa (consigna o "set-point") y comanda una válvula solenoide (actuador). En caso de que la temperatura del tanque esté por debajo de la consigna, el controlador genera la salida de encendido de la válvula solenoide en la línea de vapor. Si dicha temperatura es superior, cierra la válvula. Nótese que la válvula estará totalmente abierta o totalmente cerrada, según se necesite.

El controlador de tipo análogo, por el contrario, comanda el actuador de tal forma que éste puede tomar cualquier valor entre el mínimo y el máximo. En el mismo ejemplo anterior, el controlador análogo puede accionar la válvula para que su apertura sea cualquier valor entre 0 y 100%, logrando un control muy fino y manteniendo de esta forma la temperatura del tanque en un valor muy cercano al deseado. El controlador análogo más comúnmente usado es el llamado PID (Proporcional, integral y derivativo), que debe su nombre al algoritmo que usa para regular la salida análoga.

La selección entre estos dos sistemas está limitada por la relación costo/desempeño. El control análogo es mucho más preciso y estable, pero a su vez el costo es mucho mayor que el ON-OFF, más que por el equipo controlador, el costo de los actuadores análogos es muy superior a los ON-OFF (especialmente las válvulas). Los controladores se usan en aplicaciones pequeñas, donde se requiere el control de variables aisladas.

PLC: (*Programmable Logic Controller*) También conocido como 'Autómata', el PLC es un dispositivo que fue inicialmente inventado para reemplazar la lógica secuencial y combinatoria de control de máquinas, antiguamente basada en relevos electromecánicos. El PLC trabaja mediante un escrutinio continuo de sus entradas y dependiendo de su estado, lleva sus salidas al estado de ON o de OFF. El usuario programa el equipo, usualmente desde un PC, implementado la lógica que produce los resultados deseados.

Los PLC han tenido una rápida difusión y se han convertido en uno de los elementos más populares y necesarios en la industria de hoy. Por su

utilización masiva, sus costos se han reducido a niveles antes insospechados. De otro lado, su nivel de desarrollo los ha hecho muy versátiles y a su vez más sencillos y amigables al usuario. Además de las clásicas funciones de temporización y contéo, se les ha provisto de instrucciones matemáticas, gestión de tiempo, comunicaciones y redes, funciones trigonométricas y otras tantas con un buen grado de sofisticación. Actualmente es muy común verlos dotados de entradas y salidas análogas y ejerciendo control PID con excelentes resultados. Los PLC se acompañan, en los casos que es requerido, por una terminal de diálogo o Interface Hombre-Máquina (HMI, MMI). Estos equipos son para montaje local en los páneces de control y están dotados de un display y un teclado que sirven para que el operador observe los valores y estados del proceso, pueda ingresar los datos de consigna, tiempos, límites, etc. y se entere de las alarmas que se puedan presentar.

A manera de ejemplo, se verá el control automático simplificado de un esterilizador. Como entradas al PLC se tiene las de tipo ON-OFF: Los sensores de apertura de puertas y el interruptor mediante el que se le indica que se puede iniciar el ciclo de esterilización. Como entrada análoga se tiene la presión del autoclave. Como salidas ON-OFF se tienen los comandos a las válvulas de entrada de vapor y de desfogue. Para este caso no se tienen salidas análogas. El PLC se programa para ejecutar una rutina desde el inicio hasta el fin de ciclo, accionando sus salidas según las combinaciones de sus entradas y a secuencias ideadas por el usuario. En este caso, dicho de una forma simple, se programa el PLC para que espere que el interruptor de inicio de ciclo se ponga en ON, en cuyo caso escrutará si las puertas se encuentran cerradas y abrirá la válvula de entrada de vapor para cumplir con el primer pico, siempre observando una presión deseada para este segmento. Obtenida la presión del primer pico, abrirá la válvula de desfogue hasta obtener otra presión que se le ha programado, donde cerrará el desfogue y abrirá de nuevo la de entrada para cumplir con el segundo pico y así sucesivamente hasta efectuar el sostenimiento y descarga final del autoclave. En la práctica se utilizan un número mayor de entradas y salidas, de tal forma que el PLC pueda accionar la válvula

de purga, dé indicaciones luminosas del estado en que se encuentra, alarme al supervisor cuando alguna situación anormal ocurra e innumerables funciones que, acorde con las necesidades, solamente requieren ser programadas.

Todo lo anterior lo acerca a uno a imaginarse el vasto campo de acción que los PLC tienen dentro de la Industria. Como se mencionó anteriormente, los fabricantes de estos equipos han contemplado la posibilidad de que sean conectados en redes de comunicaciones y así todos los eventos y valores pertinentes podrán ser registrados y almacenados en equipos PC.

Software de supervisión, control y adquisición de datos

En el siguiente nivel, se tiene el "software" que ha sido desarrollado para supervisar los procesos y almacenar, segundo a segundo, los cambios en sus variables, eventos y alarmas. Estos paquetes cuentan con galerías prediseñadas de objetos gráficos relativos a elementos industriales para ensamblarlos y así emular en la pantalla del PC los diagramas del proceso, mostrando sus valores en tiempo real, de una manera amigable, agradable y fácil de entender. Plantas enteras pueden ser supervisadas y controladas desde un PC individual o a través de una red informática con sólo digitarlo en el teclado y/o indicarlo con el "mouse". Como un valor agregado muy importante, el "software" almacena y permite visualizar en gráficos de tiempo real o históricos todos los valores de las variables de proceso (temperaturas, presiones, caudales, niveles, estados de las válvulas, etc.) El software incluye los módulos de programa ("*driver*") de comunicación con los PLC y con los demás equipos de campo, siendo capaces de direccionar varios equipos a la vez. Aunque ellos pueden generar sus propios reportes y gráficos, un punto muy importante a tener en cuenta es el formato de almacenamiento de los datos históricos. Se ha convertido en una constante usar un formato de Conectividad

Abierta a Bases de datos (ODBC). Esto significa que sus datos pueden ser intercambiados con la mayoría de paquetes comerciales existentes (Excell, Access, Lotus, Oracle, etc.). De esta forma,

los datos almacenados pueden ser 'subidos' a un sistema superior de análisis e integrados en otros procesos informáticos de las empresas.

Otra gran ventaja de que este "software" opere bajo plataformas estándar es el hecho de aprovechar otras infraestructuras montadas (LAN, WAN, Módems, internet) para poder visualizar la planta y obtener los datos al instante desde cualquier punto, sin importar cuán remoto sea.

Todo lo anterior hace que el software de Supervisión, Control y Adquisición de Datos SCADA (sigla de su equivalente en inglés) sea adaptable a un amplísimo rango de aplicaciones, las cuales se desarrollan con las herramientas que vienen incluidas, con relativa facilidad.

APLICACIONES ESPECÍFICAS EN PLANTAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA

Como en el resto de las industrias donde se requiere control y supervisión continua del proceso, la extracción de aceite de palma puede beneficiarse de los instrumentos que el mundo moderno ofrece. Se hará un recorrido por cada una de las áreas e se identificarán los puntos clave donde los medios digitales de control y captura de datos prestan grandes beneficios.

Identificación y registro

Mediante la identificación y registro de la procedencia de cada uno de los viajes de racimos de fruta fresca que son ingresados a la esterilización, el sistema podrá hacer seguimiento de cada ciclo para posteriormente reportar datos de gran interés para el usuario. Con la información del proveedor y del viaje, se podrá saber la fecha y hora en la cual fue esterilizado el producto. Con el contéo de tusas que requirieron reproceso y las que continuaron en forma normal, se podrá rastrear la calidad de los racimos de fruta fresca con su correspondiente procedencia, ya sea para efectos de experimentación y estudio o para salvaguarda de la calidad y de los costos. Igualmente se podrá saber la hora y fecha estimada de prensado del producto, de nuevo

con su procedencia. Todo lo anterior, cruzado con los resultados de laboratorio de cada ciclo, se convierte en una poderosa herramienta para fijar estándares, controlar la calidad, mejorar los métodos y procedimientos, aumentar la productividad y reducir los costos, entre otras ventajas.

Esterilización

Para automatizar el proceso de esterilización de los racimos de fruta fresca es necesario medir la presión interna del esterilizador. Se toman algunas señales adicionales, como la apertura de las puertas, la temperatura y nivel de líquido en las tuberías de condensados, la presión suministrada por la caldera al distribuidor de vapor y algunos pulsadores y selectores mediante los que se decide cómo y cuándo iniciar un ciclo de esterilización. Las salidas del control comandan las válvulas de entrada, desfogue y purga e indican el ciclo actual de la esterilización y las alarmas o fallas que puedan presentarse. En este caso, el automatismo es programado con unas curvas básicas que debe cumplir la presión y el usuario fija, según las necesidades, los límites inferior y superior, el nivel de sostenimiento y los tiempos de cada etapa. Para este tipo de control es aceptable que las válvulas sean del tipo ON-OFF, pero se pueden mejorar las curvas y su tiempo de esterilizado, instalando una válvula modulada o dos válvulas de diferente tamaño en la entrada de vapor del esterilizador. Esto permite sofisticar un poco el control, de tal manera que el ciclo se ejecute en el tiempo justo y que la presión del distribuidor no caiga a niveles que perturbe otras partes del proceso haciendo más racional el uso del vapor. La alternativa de dos válvulas de admisión en paralelo, de diferentes tamaños, permite una modulación escalonada en tres pasos (v_1 ó v_2 ó (v_1+v_2)), un calculo cuidadoso de los CV hace que los costos de esta alternativa sean notoriamente inferiores a los de las válvulas modulantes con resultados comparables. Durante todo el proceso, los condensados son eliminados periódicamente, contando con la señal de nivel de las tuberías de condensados.

El beneficio más claro que se obtiene es el de procesar uniformemente todos los racimos de fruta fresca, con las condiciones apropiadas y con un uso más racional del vapor. Además, la super-

visión y registro de las variables a lo largo del ciclo hace que se detecte y se informe al instante cuando algo no esté marchando bien. Entre otros beneficios se incluye el hecho de tener las curvas individuales obtenidas de todos y cada uno de los ciclos, la variación a voluntad de una o más condiciones del proceso con fines de experimentación o por cambios en los racimos a procesar o reprocesar y el ahorro de insumos y servicios como vapor y agua.

Digestor y prensa

En el digestor se puede medir y controlar la temperatura del fruto a prensar y la cantidad de agua adicionada al mismo. Además se grafica y registran estas variables en forma continua.

En la prensa se puede medir, en forma directa, la velocidad del prensado (prensas de velocidad variable). Indirectamente, se mide la presión ejercida por los conos a la descarga de la prensa, midiendo la presión del circuito hidráulico, o midiendo la carga efectiva sobre el motor, cuando éste es eléctrico.

Las prensas tradicionalmente usadas para palma de aceite han tenido un control de presión de conos, sobre un valor fijo. Mas recientemente, algunas prensas han incluido un control de corriente del motor que libera los conos cuando el amperaje supera un "set-point" ajustado, pretendiendo mantener la corriente en un rango determinado. Sin embargo, la respuesta lenta de los conos hace que existan períodos importantes de tiempo en los cuales la fruta tiene poco prensado y aumenta el residual de aceite en las fibras que salen de la prensa. En Colombia se ha trabajado sobre el control de torque y/o corriente del motor ajustando en forma continua la presión de los conos (control análogo), lo cual garantiza un prensado constante, ya que el producto recibe siempre el mismo tratamiento (ver grafica). Este tipo de control permite mejorar los residuales de aceite en fibra y mantener resultados consistentes en el tiempo.

Otro beneficio obtenido es el de poder estimar la procedencia de la fruta con la fecha y la hora de prensado, que al ser cruzado con los resultados de laboratorio permite muchas de las posibilidades mencionadas en el capítulo de Identificación y registro.

Otras áreas de interés

Existen otras áreas donde el beneficio de controlar y supervisar el proceso por medios digitales es ampliamente palpable. A continuación se nombran algunas de ellas, que igualmente comparten las ventajas enunciadas para todos los puntos anteriores en cuanto al tratamiento de la información con la tecnología digital.



Figura 1. Torque - presión conos vs. tiempo.
Presión conos constante (Control tradicional).



Figura 2. Torque - presión conos vs. tiempo.
Torque motor constante (Control por corriente o torque).

Dosificación de fruto a la planta: La dosificación de fruto a la planta puede mejorarse mediante el control o verificación de los ciclos de los sistemas de alimentación de fruto (grúa o tambor de volteo de las canastas de fruto), de tal forma que el fruto se deposite en forma continua y regular a la tolva (volteo en dos o tres etapas) y que el alimentador suministre en forma regulada al desfrutador lo que requiere el digestor para mantener siempre el nivel adecuado y evitar al máximo la recirculación de fruto. Este control contribuye a evitar la sobrecarga del tambor desfrutador y, por consiguiente, el aumento de aceite impregnado en las tusas, además permite regularizar el flujo de sólidos (fibras y nueces) y de líquido (aceite crudo) que salen de la extracción hacia las etapas posteriores del proceso.

Control y registro de dilución: Mediante la medición de los flujos de agua y de fruta prensada (velocidad de la prensa y número de prensas operando) y la adición de dos válvulas de control análoga en la prensa y en el tamiz, se puede mantener el volumen de agua de dilución constante (litros agua por tonelada de fruta prensada). El objetivo es buscar el punto de dilución que ayude a facilitar la clarificación estática del aceite crudo y mantenerlo siempre uniforme en búsqueda de la optimización de resultados.

Control y registro de temperatura en clarificación: Cumple principalmente con los objetivos de estandarización de las condiciones de proceso y mejoramiento de calidad del producto.

Control y registro de variables en calderas: Son múltiples los lazos de control que puede ser implementados en las calderas. El control de nivel del domo es fundamental para la seguridad de las personas y de los equipos. Este es un control exigente y crítico que demanda instrumentación y controles con cierto grado de sofisticación. También se puede controlar la presión de salida del vapor mediante la manipulación de la alimentación de combustible. En el caso de calderas que queman residuos sólidos del proceso, este control es todavía manual.

Registro de consumos de energía: Sirve en la optimización de costos y análisis de cargas.

También permite la vigilancia de la facturación recibida de las empresas que suministran el servicio, pues se cuenta con un paralelo de comparación.

Registro de estado de los diferentes equipos: Con una mínima inversión es posible supervisar el estado de los diferentes equipos de la planta, (motor prendido o apagado), de tal forma que se conozca si la operación de la planta se efectúa con los equipos programados y además facilita la implementación de programas de mantenimiento según los tiempos de operación de cada equipo. Los programas de supervisión modernos permiten intercambiar información con hojas de cálculo como el Excel, herramienta de uso universal.

CONCLUSIONES

A lo largo de esta publicación se han presentado, algunas conclusiones sobre la importancia del control y supervisión por medios digitales en plantas de producción industrial, en especial las de extracción de aceite de palma. Se enuncian aquí los beneficios y sugerencias más sobresalientes para la implementación de estos sistemas.

- El control, supervisión y adquisición de datos se convierten en herramientas poderosas de estandarización de los procesos y aseguramiento de la calidad del producto final. Adicionalmente, son un medio efectivo de análisis, experimentación, mejoramiento y optimización de los métodos y procedimientos de producción.
- Resulta insensato marginarse de los instrumentos que la tecnología moderna brinda a la industria si se quiere seguirle el paso a las exigencias contemporáneas en materia de competitividad.
- El desarrollo tecnológico actual pone cada vez más cerca de los agentes de producción este tipo de herramientas, dado que su acelerada difusión ha reducido paulatinamente los costos de adquisición y a su vez el acceso al conocimiento de los mismos se hace gradualmente más viable. Esto significa que los

beneficios a recibir justifican plenamente las inversiones implícitas.

Toda empresa que decida iniciar la implementación de este tipo de sistemas en sus plantas debe ser consciente que no es suficiente con instalar unos equipos que mejoran su productividad, sino que debe involucrar y capacitar a su recurso fundamental que es el humano, para que conozca, acepte y saque el mejor provecho de estas nuevas tecnologías.

Igualmente, debe hacerse notar que el proceso de implementación es progresivo y se necesita personal con un grado de capacitación más elevado para el mantenimiento y la continua mejora de los equipos y el software.

Si bien los sistemas son altamente flexibles y programables, es un acierto, desde el discernimiento de las necesidades y el diseño de los sistemas, hasta sus últimas etapas, involucrar en el proyecto personal experto, tanto en el proceso a automatizar como en las tecnologías del control industrial, con el fin de implementar sistemas adecuados y eficientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALCELLS, J.; ROMERAL, J.L. *Autómatas programables*. Serie Mundo Electrónico, Ed. Marcombo, Boixareu Editores, Barcelona.
- CREUS, A. 1997. *Instrumentación industrial*. Alfaomega-Marcombo, Barcelona.
- ESPITIA, A. *El PID bajo control*. Plazas Impresores, Bogotá.
- MICHEL, G. *Autómatas Programables Industriales: arquitectura y aplicaciones*. Ed. Marcombo, Boixareu Editores, Barcelona.
- PORRAS, A.; MONTANERO, A.P. *Autómatas Programables: fundamentos, manejo, instalación y prácticas*. Ed. Mc Graw Hill, New York.
- ROMERA, P; LORITE, J.A.; MONTORO, S. *Automatización: problemas resueltos con autómatas programables*. Ed. Paraninfo, Madrid.
- TOH, K; DEVANATHAN, R. *Pattern-based identification for process control applications*. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, v.4 no. 6.
- ZIEGLER, J.; NICHOLS, N. 1995. *Optimum settings for automatic controllers*. Intech.