

**METODOLOGÍA DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESTILACIÓN
DE ALCOHOL EN UN INGENIO AZUCARERO MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL REGULATORIO AVANZADO**

Leonardo Velásquez Orozco *, Lorena Uribe Echeverri

Actkon S.A.S, Manizales, Caldas, Colombia, * E-mail: lvelasquez@actkoncorp.com

RESUMEN

La optimización de procesos y en general la competitividad de los mercados exige encontrar la mejor forma de operación, de tal manera que se obtengan productos con la calidad deseada y con los mayores beneficios económicos, por lo cual es común escuchar a nivel industrial acerca de las necesidades de optimización de los procesos. Sin embargo existen aún grandes retos para establecer metodologías de optimización aplicables a escala industrial, que puedan ser acogidas y así mismo justificadas sobre la cuantificación de los beneficios económicos y la viabilidad de su implementación.

Basado en lo anterior, se propone a continuación una metodología de optimización aplicable a nivel industrial, sustentada en el conocimiento del proceso, la implementación de control avanzado y la mejora continua.

Seguido de la descripción de la metodología se muestra un caso de aplicación en la Planta de Destilación de un Ingenio Azucarero con capacidad de producción de 350,000 litros/ día de alcohol rectificado.

Palabras claves: optimización, control avanzado, control regulatorio avanzado, destilación.

1. INTRODUCCIÓN

El mejoramiento del desempeño de los sistemas de control, constituye una parte fundamental en la optimización de procesos, garantizando la sostenibilidad de la calidad de los productos, la seguridad de los procesos y el aumento de la productividad, por tal razón Actkon S.A.S., ha enfocado sus esfuerzos en promover una metodología de optimización basada en el conocimiento del proceso y la integración de estrategias de control regulatorio avanzado, donde mediante un análisis de caso base se sustentan los beneficios y la rentabilidad en la implementación de dicha metodología de optimización.

Siguiendo la estructura jerárquica de los sistemas de control, tal como se muestra en la Figura 1., adaptada de Qin y Badgwell (2003), la efectividad de las aplicaciones de control avanzado, dependen del buen funcionamiento de la base del sistema control, es decir, el control regulatorio básico.

El siguiente nivel corresponde a el control avanzado, que en el caso del control regulatorio avanzado (CRA), está constituido principalmente por el control por restricciones mediante selectores (maximizaciones, minimizaciones), estrategias de mitigación de perturbaciones mediante adelanto (*feedforward*) y el cálculo de variables mediante modelos inferenciales.

Es bien sabido que el punto (o área) de operación económico de los procesos, se encuentra en la mayoría de los casos en la intersección de las restricciones, por lo cual el objetivo del sistema de control en este nivel, es mantener el proceso tan cerca como sea posible de dichas restricciones sin sobrepasarlas.

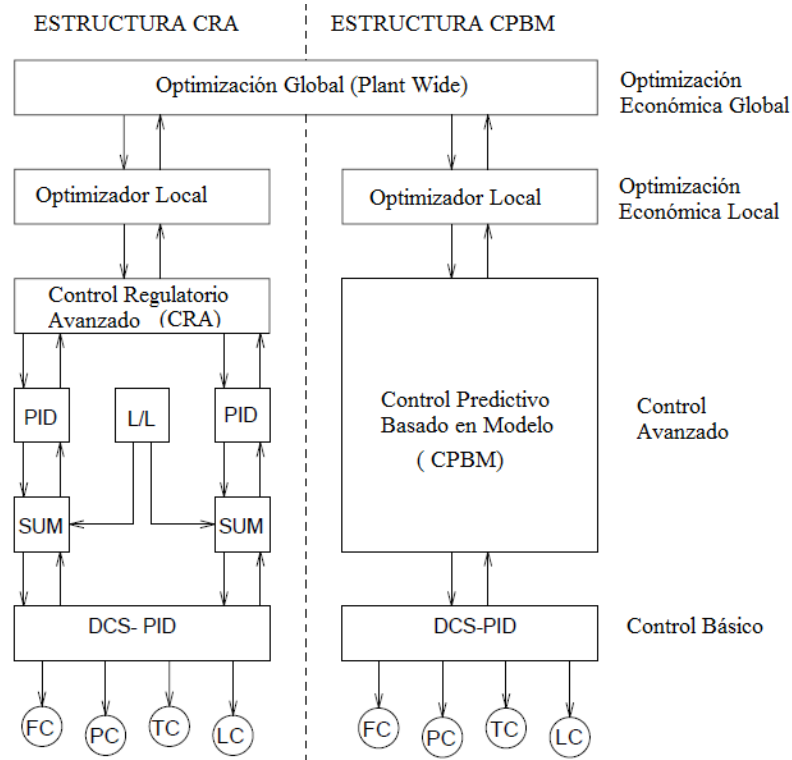


Figura 1. Jerarquía de las funciones de los sistemas de control adaptada de Qin y Badgwell (2003).

Como respuesta a esta necesidad se han presentado diferentes desarrollos en el control avanzado, principalmente en la línea del control predictivo basado en modelo (CPBM), sin embargo los costos y la complejidad asociados en algunos casos, para la obtención de los modelos y la sintonización de dichos controladores, se han presentado como los mayores retos actuales para la aplicación generalizada de ésta técnica a nivel industrial (Shinsky, 2009; Skogestad, 2004; Qin y Badgwell,2003); mientras que el control regulatorio avanzado (CRA) se muestra de manera competitiva y viable para la obtención de los logros de optimización, mediante la implementación de modelos inferenciales que aprovechan la amplia disponibilidad de datos históricos a nivel industrial, convirtiendo a los datos históricos en un activo importante para los

sistemas de control, el desarrollo de herramientas de toma de decisiones desde el nivel operativo hasta el gerencial y en general para la optimización de procesos. A continuación se muestra la metodología de optimización aplicable al proceso de destilación de alcohol en una planta azucarera, caracterizado por la integración energética y por ende el acoplamiento de las variables controladas y manipuladas, con el objetivo de minimizar el efecto de las perturbaciones sobre las variables controladas seleccionadas según los criterios de optimización, justificada en el logro de beneficios relacionados con el aumento del aprovechamiento de la capacidad de producción instalada y la reducción de los consumos energéticos en el proceso.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de optimización propuesta se representa de manera general en la Figura 2.

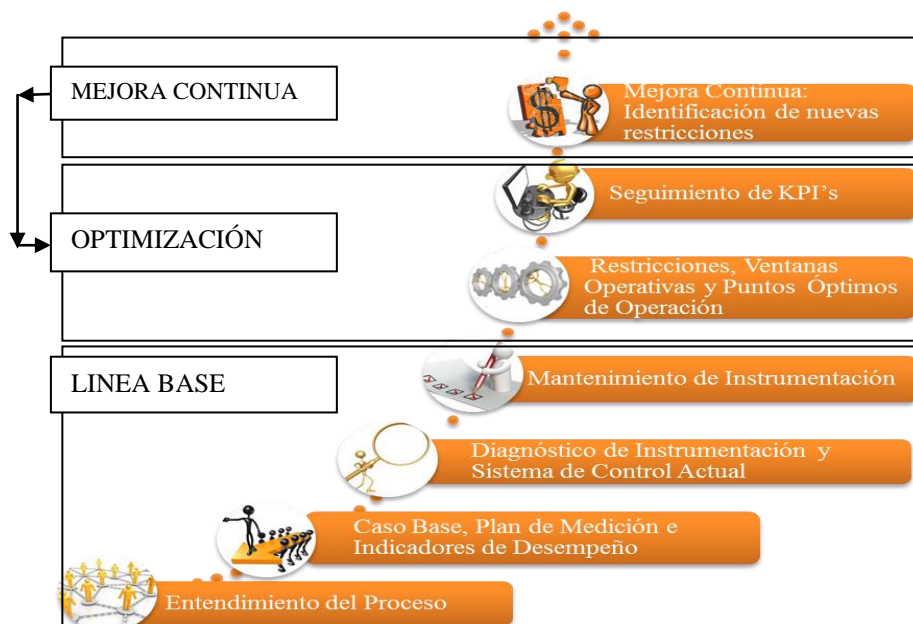


Figura 2. Esquema General de la Metodología de Optimización.

El Entendimiento del Proceso, comprende el conocimiento de los principios fundamentales, las leyes físicas y la ingeniería de proceso aplicable, éstos criterios constituyen la base para la comprensión del efecto de las variables manipuladas sobre las variables controladas, la filtración de datos, la representatividad de los modelos inferenciales, además de la definición de los objetivos de optimización, las variables controladas, la determinación de las restricciones físicas, operacionales y ambientales.

El siguiente paso comprende la construcción del Caso Base, el cual se fundamenta en el análisis de los datos históricos del proceso, incluyendo datos de laboratorio. El análisis estadístico permite la evaluación de la estabilidad del proceso actual según los resultados de variabilidad, también se construye la línea base de producción y de consumo para los diferentes regímenes de operación, sobre las cuáles se estiman los potenciales de aumento de producción y/o de reducción de consumos, ya sea de materias primas o utilidades y sobre éstas predicciones se justifica la rentabilidad de la implementación de la etapa de optimización.

Se establecen también indicadores claves de desempeño (KPI's por sus siglas en inglés), incluyendo consumos específicos, rendimientos, y en general medidas cuantificables de la eficiencia.

Antes de ejecutar las actividades relacionadas con la etapa optimización se asegura que la instrumentación disponible se encuentre en buen estado, mediante el diagnóstico de la instrumentación y según los resultados de éste, el mantenimiento correspondiente.

En la etapa de Optimización se establecen las metas según los potenciales estimados en el Caso Base, se definen las variables controladas, las variables manipuladas, las perturbaciones, y las restricciones.

Las variables controladas deben responder a las metas establecidas de calidad, producción y consumos, por lo cual en algunos casos las restricciones pueden considerarse también como variables controladas

Se establece la relación y la ganancia entre cada una de las variables controladas y las manipuladas, según el análisis de sensibilidad y correlación de los datos históricos, se corrobora además que éste resultado esté de acuerdo con los principios fundamentales del proceso.

Después del análisis de sensibilidad y correlación, se diseñan las estrategias de control regulatorio avanzado, que maximicen los objetivos de producción, minimicen los consumos y mantengan las restricciones en el límite.

La etapa de optimización también incluye la sintonía de los lazos de control y la construcción de herramientas de monitoreo de los indicadores claves de desempeño a partir de las medidas disponibles.

La optimización puede considerarse como un proceso de mejora continua, por lo cual después de ejecutar esta fase, es necesario hacer seguimiento de los indicadores clave de desempeño, los cuáles servirán de base para cuantificar los beneficios y además para identificar nuevas restricciones y oportunidades de mejora del proceso.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología descrita es aplicada en la optimización de la Planta de Destilación de un Ingenio Azucarero con capacidad de producción de 350,000 litros de alcohol/ día, la cual es caracterizada por la integración energética, correspondiente al uso de los vapores de las vinazas como parte de la fuente de suministro de energía para el proceso de destilación, y en consecuencia mayor acoplamiento de las variables del proceso.

El primer objetivo es el aumento de la estabilidad del proceso y como objetivos de optimización se establece el aumento del aprovechamiento de la capacidad de producción y el sostenimiento de la calidad en el valor mínimo requerido tanto en el flujo de alcohol destilado, como en la concentración de las vinazas.

En la Figura 3 se muestra el arreglo propuesto de variables controladas, manipuladas y perturbaciones, para el optimizador basado en control regulatorio avanzado.

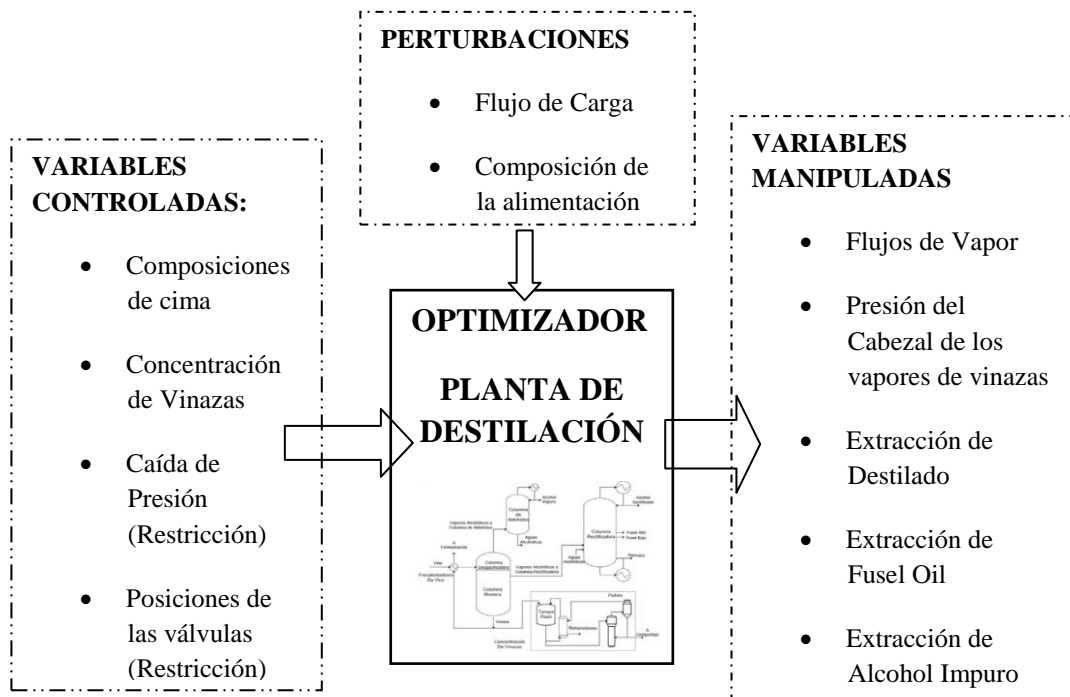


Figura 3. Optimizador Planta de Destilación

Los principales indicadores clave de desempeño monitoreados son: flujo de alcohol rectificado/ flujo de vino alimentado, flujo de vapor consumido/ flujo de vino alimentado y % de recuperación de alcohol.

La implementación de la metodología ha permitido hasta el momento promover, priorizar y justificar las oportunidades de mejora del desempeño del sistema de control, partiendo de un control regulatorio básico, compuesto por aproximadamente 50 lazos de control simples, a un sistema de control avanzado que integra los objetivos de optimización, mediante el optimizador compuesto de estrategias de control regulatorio avanzado.

4. CONCLUSIÓN

La metodología de optimización propuesta permite orientar, priorizar y justificar las acciones de mejora en los sistemas de control, aplicable a nivel industrial mediante la implementación de estrategias de control regulatorio avanzado, que resultan en el desplazamiento de los procesos hacia los puntos de operación óptimos.

5. BIBLIOGRAFÍA

Qin, S.J.; Badgwell, T.A. 2003. A survey of industrial model predictive control technology. *Control Engineering Practice* 11: 733-764.

Shinskey, F.G. 2009. Multivariable Control of Distillation. *Control*, May-July 2009.

Skogestad, S. 2004. Control structure design for complete chemical plants. *Computers and Chemical Engineering* 28: 219-234.