

AUTOMATIZACIÓN DE UNA COLUMNA DE DESTILACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO

Alejandro Enmanuel Giménez Duarte

Víctor Manuel Florentín Sosa

Vanderley Espínola

Carlos Penayo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCION - FACULTAD POLITECNICA

Paraguay

RESUMEN

En nuestro País, hasta hoy en día las plantas de destilación siguen siendo totalmente manuales y de procesos arcaicos, en los cuales los operarios basados en su experiencia y saben cómo regular, medir y cuantificar cada uno de los procesos del que se encuentra a cargo; siendo así indispensable e irremplazable en la función que realiza, a toda esta problemática le podemos sumar que en el diseño usual se tiene una excesiva producción de vinaza. Las vinazas de destilería de alcohol se encuentran entre los residuales orgánicos de mayor efecto contaminante sobre la flora y la fauna del planeta.

Esta investigación fue realizada con el objetivo de diseñar un sistema automatizado para una columna de destilación de alcohol etílico a fin de contribuir en la operación segura, estable y optimizada. El estudio se llevó a cabo durante el año 2015 y principios del 2016. El sistema fue desarrollado en base al estudio en una planta de destilación que utiliza métodos manuales de producción, con el propósito de tener un ejemplo genérico, examinar sus procesos en función a las normas de producción de caña paraguaya vigente y a partir de allí, analizar y seleccionar estrategias de control de columnas de destilación, que permitiera evaluar el rendimiento de la producción y eficiencia energética, mediante simulaciones rigurosas. Como resultados, se obtuvo un mejor rendimiento en el comportamiento de la columna mejorando su respuesta ante perturbaciones de forma automática por medio de los lazos de control PI; y también se ha logrado que la composición del destilado se mantenga constante en los rangos permitidos y además, se ha optimizado el consumo energético de la columna de destilación. A través del sistema desarrollado, es posible la visualización de la planta en tiempo real por medio de una interfaz gráfica denominada SCADA, montado en una PC, donde se observa el estado del funcionamiento actual de todos los elementos de campo; es decir, sensores y actuadores. Finalmente, se propone equipamientos actualizados para una columna de destilación de alcohol etílico, con un sistema de automatización y control eficiente además de haber evaluado la factibilidad económica del proyecto.

PALABRAS CLAVES

Alcohol, Plantas de destilación, Caña de azúcar, Controladores programables, Sistema SCADA, control PI.

ANÁLISIS PRELIMINAR

Existe una gran variedad de tipos de columnas de destilación en función de las distintas separaciones para las que han sido diseñadas. Por tanto se pueden analizar el funcionamiento y las especificaciones de modo optimizar la estructura en busca de ventajas que contribuyan a nuestros objetivos

1.1. Análisis Estructural de la Columna`

1.1.1 Tipo de Columna

Las columnas de destilación utilizadas son del tipo binario, debido a que la alimentación de la columna está compuesta por dos componentes, etanol y agua, obtenidas a partir de la fermentación de miel de caña de azúcar.

1.1.2 Tipo de Hervidor

Existen varios sistemas de hervidores, con distintas ventajas y desventajas que varía de acuerdo a la aplicación.

Actualmente las destiladoras utilizan el termosifón de vapor directo, el cual es el más primitivo debido a su simplicidad, y ventajas en costo de mantenimiento e instalación, pero una gran desventaja en el aumento de la tasa de producción de residuos (vinaza) debido a que todo el vapor condensado producido en caldera se suma en la taza de residuos. (FABRO, 2005)

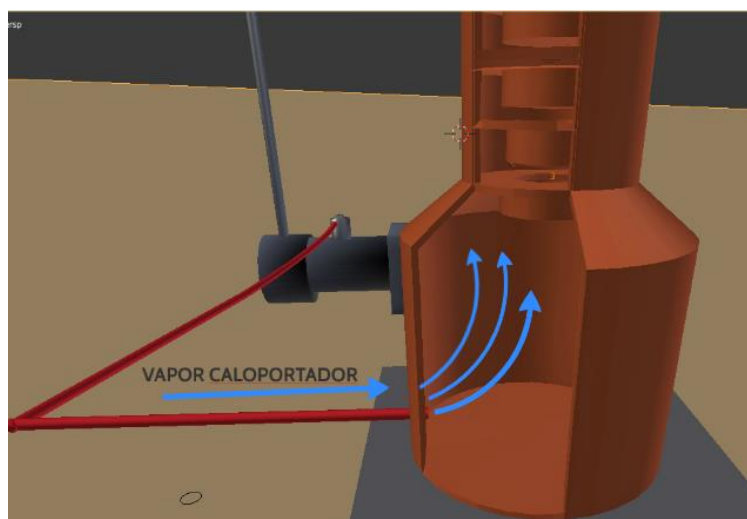


Figura 1: Representación de hervidor con vapor directo

El termosifón vertical de circulación natural, este es el tipo más utilizado en destilación. Consigue un alto coeficiente de transferencia de calor; presenta una baja tendencia al ensuciamiento y un bajo tiempo de residencia del líquido en la zona caliente; tiene un coste de operación y de inversión bajo; y es compacto, lo cual significa que requiere poco espacio y presenta una disposición simple de las tuberías.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

La principal ventaja está en su principio de funcionamiento, en donde el vapor pasa por una serpentina, calentando de manera indirecta la columna de destilación, y el condensado de este hervidor, puede ser reutilizado en otros procesos.

Aplicando tipo de hervidor se reduce la producción de vinaza en un 29 %, equivalente a la alimentación de caldera, cuyo vapor caloportador ahora es aprovechado de manera indirecta.

En la planta de destilación analizada, aplicar este hervidor reduce la producción de vinaza de 3131 litros por hora a 2231 litros por hora.(BUCKLEY,1985)

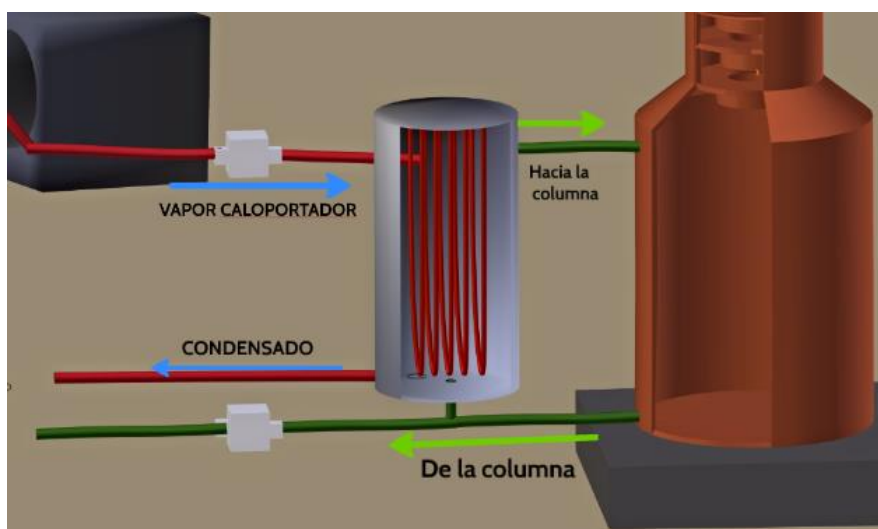


Figura 2: Representación de hervidor con termosifón vertical.

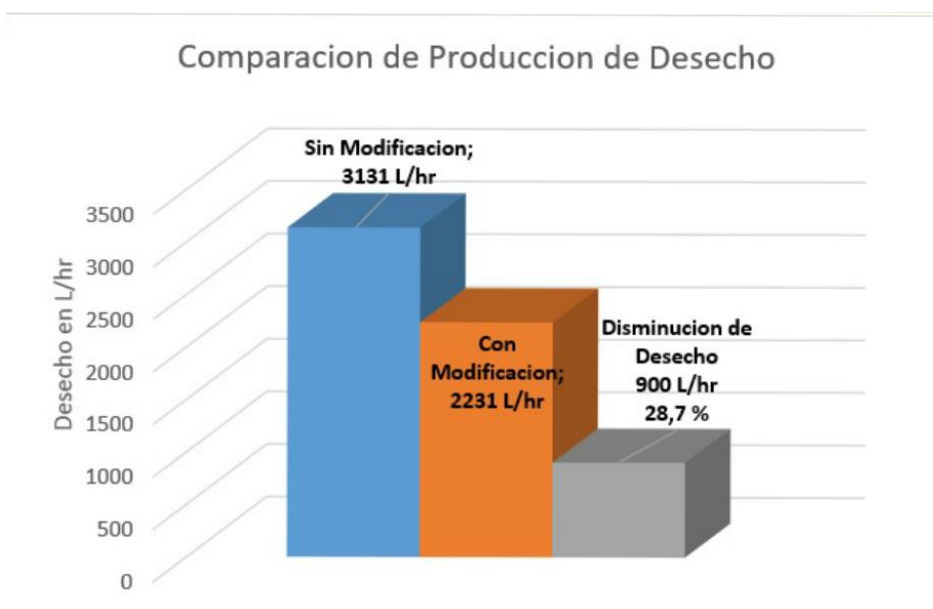


Figura 3: Reducción en la producción de desecho.

INGENIERÍA DE DISEÑO

La estrategia de control y simulaciones que se aplica en el trabajo se realiza mediante las herramientas de simulación del software comercial AspenTech, específicamente en sus paquetes en Aspen Plus y Aspen Dynamics, utilizados frecuentemente por ingenieros químicos para la simulación de procesos industriales.

1.2. Estrategia de Control

La estrategia de control aplicada al sistema es el *control descentralizado*, como su nombre indica, consiste en controlar el sistema globalmente pero a partir del control local de sus partes, más conocidas como subsistemas. Esto quiere decir que cada variable controlada se controla con una única variable manipulada, formando lazos de control independientes.

La premisa del trabajo es controlar la composición del destilado, mediante el control de temperatura en cada sección de la columna, esto debido a que es más fácil y económico medir la temperatura que medir las composiciones, el cual es un proceso que implicaría mucho retardo de sistema y costo de operación. (BLANCO OLIVEROS, 2011)

1.3. Simulaciones

1.1.3 2.2.1. Simulación en Régimen Permanente

Establecidas las bases de la operación y el modelo termodinámico, se configura el esquema de la simulación en el simulador AspenPlus®.

Para determinar las condiciones de operación de la columna se realizará un análisis de sensibilidad de algunas de las variables de la columna, entre ellas la relación alimento/destilado, la relación de reflujo y la temperatura del rehervidor. El análisis se realiza manteniendo una recuperación de etanol constante de 70% molar de etanol en la corriente de destilado como lo indica la normativa de la INTN sobre caña Paraguaya que se detalla en la NORMA TECNICA - CODIGO: NP 3 001 84.

Un objetivo principal de estas simulaciones rigurosas es obtener la relación de reflujo, y establecer una curva de sensibilidad, cabe destacar que estos datos serán más que interesantes debido a que no existe un estudio de relación reflujo en destilación de caña Paraguaya, actualmente es una variable de diseño, la relación reflujo está empíricamente predeterminado como variable de diseño de la columna y sin regulación. Este estudio de destilación permitirá establecer ya como variable manipulada en la columna. (ASPEN TECHNOLOGY, 2008)

1.3.1.1. Análisis de Sensibilidad: minimización de carga térmica del ebullidor.

Utilizando la herramienta de análisis de sensibilidad de Aspen Plus, se establecen las condiciones de diseño y permite ajustar algunas variables de modo a optimizar la columna.

Parte importante es optimizar la columna y que requiera menor cantidad de energía, esto se puede lograr de una manera moviendo la etapa de alimentación, el modelo preliminar esta alimentado en la etapa 5 de la columna.

En el diseño preliminar de la planta la etapa de alimentación se encuentra en el plato n° 5, lo cual según la simulación rigurosa supone un consumo energético de 226 KW en el rehervidor. Un modelo ideal y en donde el consumo energético es menor es en el plato n° 8 en donde el consumo energético se reduce a unos 199 KW.

De esta manera se establece como etapa optima de alimentación en la etapa N° 8.

En el siguiente grafico se observa el consumo de energía del rehervidor variando la etapa de alimentación y manteniendo todos los otros parámetros constantes.

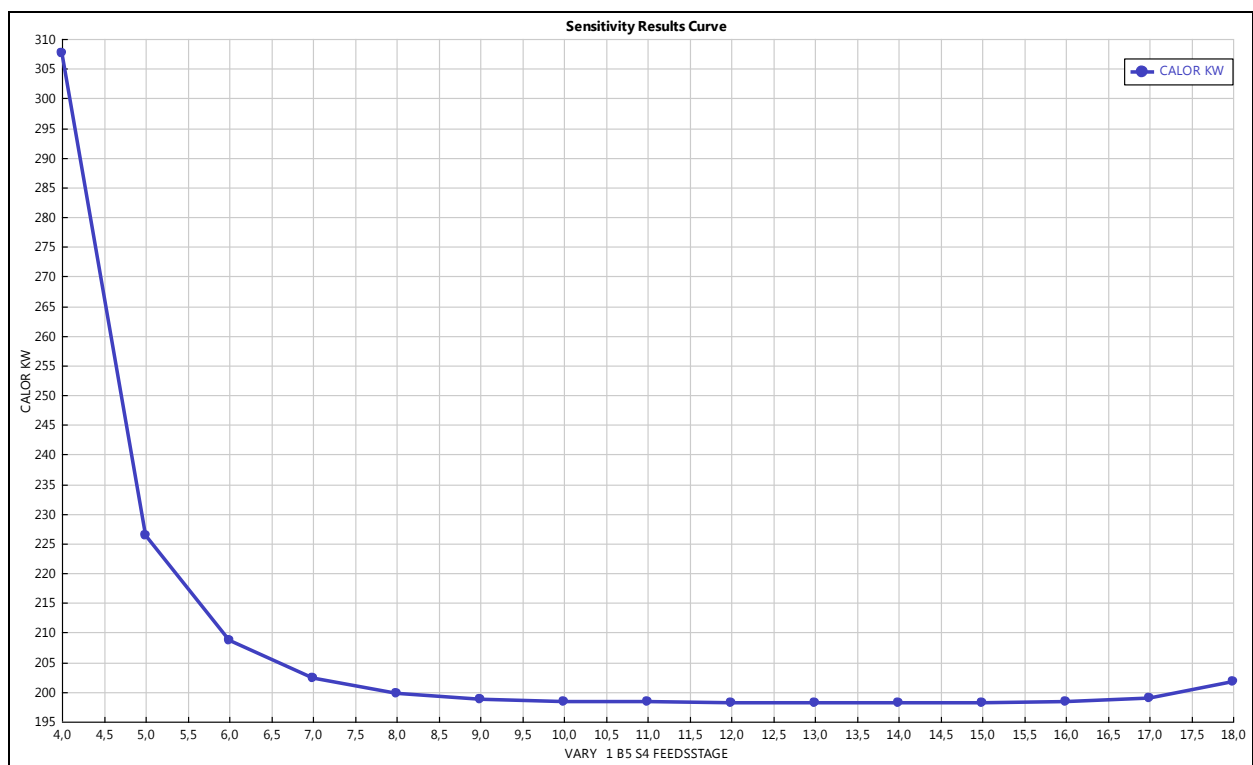


Figura 4: Curva de sensibilidad etapa de alimentación-Energía en rehervidor.

2.2.1.2. Criterio de pendiente aplicado a la columna

Por el criterio de pendiente se define la etapa en la que se produzca el mayor cambio de temperatura de una etapa a otra. Para ello se representa el perfil de temperatura y se examina como varía la pendiente del perfil a lo largo de las etapas, buscando aquella que presente la mayor pendiente. La región en la que se producen grandes cambios de temperatura de una etapa a otra se caracteriza porque en ella cambian las composiciones de componentes importantes. En el grafico observamos que el mayor cambio en la etapa de despojamiento se produce entre la etapa 5 y 7.

Como por el criterio de pendiente se sugería definir la variable controlada en la etapa 6, este criterio también resulta favorable a analizar la temperatura en la etapa 6, ya que manteniendo la etapa 6 en su temperatura de

operación indicado por Aspen se garantiza el producto de cabeza y manipulando el calor aportado por el rehervidor se controlara más rápidamente esta etapa.

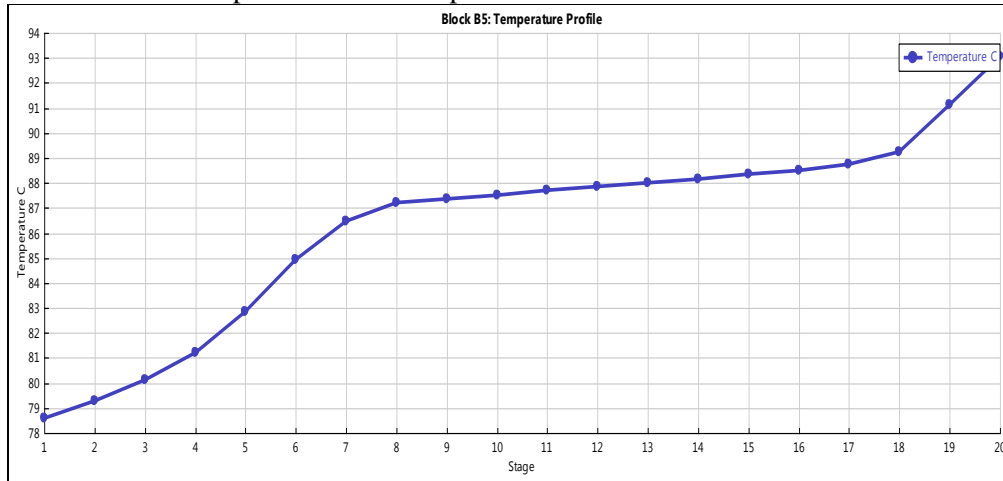


Figura 5: Perfil de Temperatura de la columna en el modelo de etapa de equilibrio

1.1.4 Simulación dinámica con AspenPlus Dynamics.

Establecida la operación en régimen estable se realiza el análisis en régimen dinámico de modo a establecer los lazos de control y verificar su estabilidad ante perturbaciones en el sistema.

2.2.2.1. Controlador PI

Se aplica esta estructura de controlador debido a que la introducción de la acción integral es la forma más simple de eliminar el error en régimen permanente. Otro caso en el que es común utilizar la estructura PI es cuando el desfase que introduce el proceso es moderado. La acción derivativa, más que una mejora en esta situación es un problema ya que amplifica el ruido existente. También se recomienda la acción PI cuando hay retardos en el proceso, ya que, es este tipo de procesos la acción derivativa no resulta apropiada en este tipo de sistemas. Un tercer caso en el que se debería prescindir de la acción derivativa es cuando el proceso está contaminado con niveles de ruido elevados.

2.2.2.2. Pruebas en lazo cerrado

Las pruebas en lazo cerrado se realizaran aplicando perturbaciones en la corriente de alimentación. Las perturbaciones serán cambio en el flujo y en el calor aportado por el rehervidor.

En la siguiente grafica vemos las grafica se aprecia como el sistema se comporta ante una perturbación, en donde se aplica un cambio escalón en el set-point y se observa como la variable de proceso se acomoda rápidamente y llega a régimen estable.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

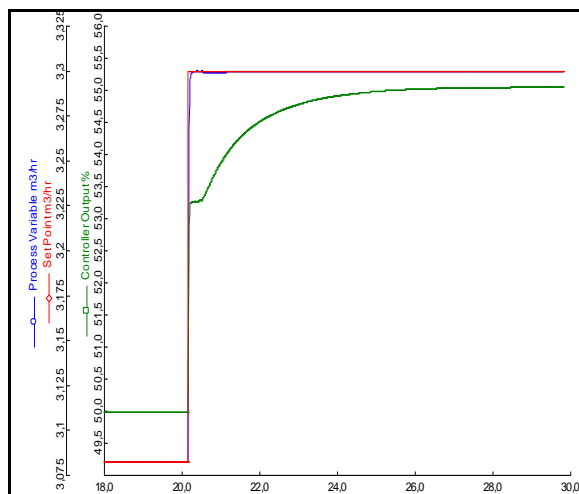


Figura 6: Perturbación del +10% introducida en el flujo de alimentación.

1.4. INSTRUMENTACION DE LA COLUMNA

Los tipos de instrumentos que se requieren en la columna de destilación son transmisores, instrumentos que captan la variable a medir, la transforman y la transmiten a una distancia a un instrumento receptor. Aunque la señal de transmisión puede ser neumática, hidráulica, digital, telemétrica o electrónica, se escogerá esta última por ser de las más rápidas y puesto que el elemento receptor será un sistema de adquisición de datos electrónicos. La señal electrónica puede ser de corriente, voltaje o resistencia.

En las siguientes graficas se ordenan los instrumentos a necesarios.(COOPER,2011)

Tabla I: hardware necesario para implementación

Descripción	Cantidad
Caudalímetro de 1'	2
Caudalímetro de 1/2'	2
sensor de nivel de 0-50 cm	1
sensor de nivel de 0-100 cm	1
Sensor de Temperatura pt-100	2
Electroválvula iso-porcentual de 1'	2
Electroválvula iso-porcentual de 1/2'	2
Tablero de PLC (800 x 1500) y accesorios	1
SIMATIC S7-1200, CPU 1215C, CPU compacta DC/DC/DC	1
Módulo de entradas analógicas , SM 1231, 4 AI	2
Módulo de Salidas Analógicas, SM 1232, 4 AO	2
F.ALIMENTACION S7-1200 PM1207 230 AC-24 DC	1
PC para sistema SCADA	1
Controlador de nivel por flotador	1

PLC Y SISTEMA SCADA

El programa de PLC para la columna de destilación fue creado teniendo en cuenta el procedimiento de arranque para una columna que se encuentra completamente vacía como vimos en la sección anterior. El programa fue íntegramente realizado con el software Totally Integrated Automation Portal® o TIA Portal® versión 13.

En la Figura 7 se presenta la configuración del hardware. Como se puede observar, además del PLC S7-1200 se requiere un módulo 4 de entradas analógicas de 13 bits y un módulo de 4 salidas analógicas de 14 bits.

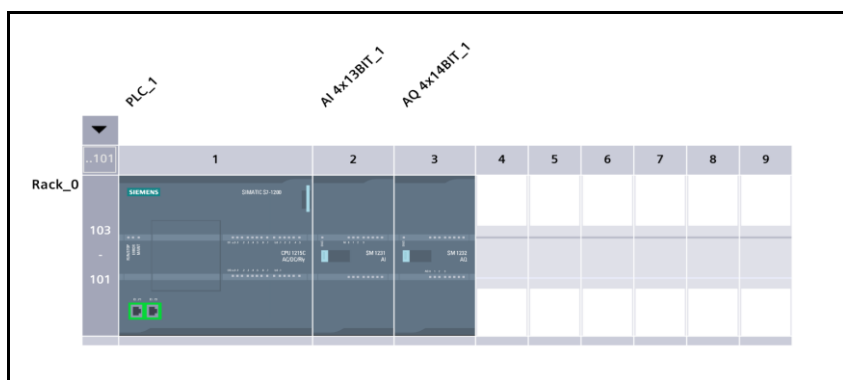


Figura 7: Configuración del hardware a ser utilizado en el TIA Portal

La pantalla de destilación es la más importante, en la misma existen los botones para iniciar y parar el proceso en cualquier momento (Figura 8) y una descripción del estado actual. Todos los datos de esta pantalla son leídos desde el PLC, de este modo el operador puede verificar las variables del proceso en todo momento. (BALCELLS, J. 1997)

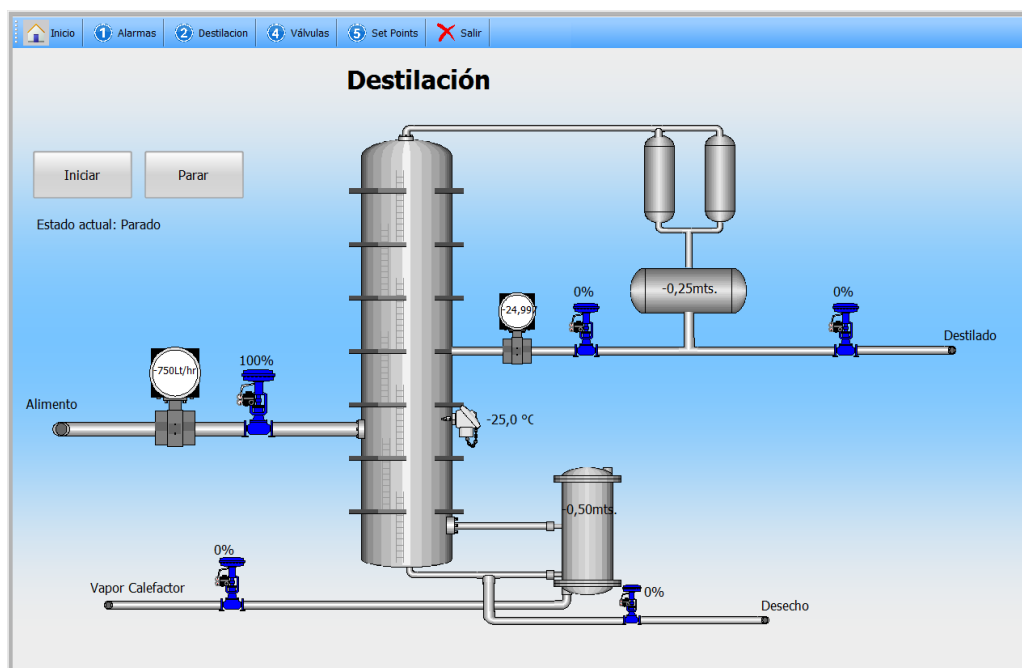


Figura 8: Pantalla principal de la columna de destilación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] **FABRO JOAO A., ARRUDA L.V., NEVES FIAVIO. 2005.** *Starup of a distillation column using intelligent control techniques, Computers and Chemical Engineering.* 2005. págs. 30, 309-320.
- [2] **BUCKLEY P.S., LUYBEN W.L., SHUNTA J.P.,. 1985.** *Design of Distillation Column Control.* s.l. : Instrument Society of America, 1985.
- [3] **BLANCO OLIVEROS, JOHAN DARIO. 2011.** Destilacion extractiva a nivel planta piloto para produccion de etanol anhidro. s.l. : UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2011. Vol. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/5094/1/299977.2011_pte._1.pdf.
- [4] **ASPEN TECHNOLOGY, INC. 2008.** *Aspen Plus Steady State Simulation user guide.* 2008. Vol. 10.
- [5] **COOPER, WILLIAM D. 1991.** *Instrumentacion Electronica Moderna y Tecnicas de medicion.* s.l. : Pearson Educacion, 1991.
- [6] **BALCELLS, J. 1997.** *Autómatas Programables.* Barcelona : Marombo-Boixareu Edibres, 1997. 84-267-1089-1.