

MODELADO DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE INÓCULO DE LEVADURA PARA OBTENER ETANOL A PARTIR DE MIELES

Resumen

En este trabajo se describe el proceso de producción de inóculos de levadura a partir de la fermentación aerobia, desde el ámbito operativo y microbiológico; igualmente se realizó un análisis del proceso desde el punto de vista de la instrumentación y control, se ejecutaron pruebas experimentales para conocer el perfil del comportamiento y con base en el conocimiento del proceso y los aspectos de instrumentación y control, se planteó un modelo del proceso orientado al control.

Introducción

La producción de etanol (en los Ingenios del sector) se hace, principalmente a partir de mieles y jugos ricos en azúcares. Estos azúcares son aprovechados por una serie de microorganismos (levaduras), que tienen la capacidad de transformarlos en etanol y CO₂. El proceso general de producción de etanol se aprecia en la figura 1.

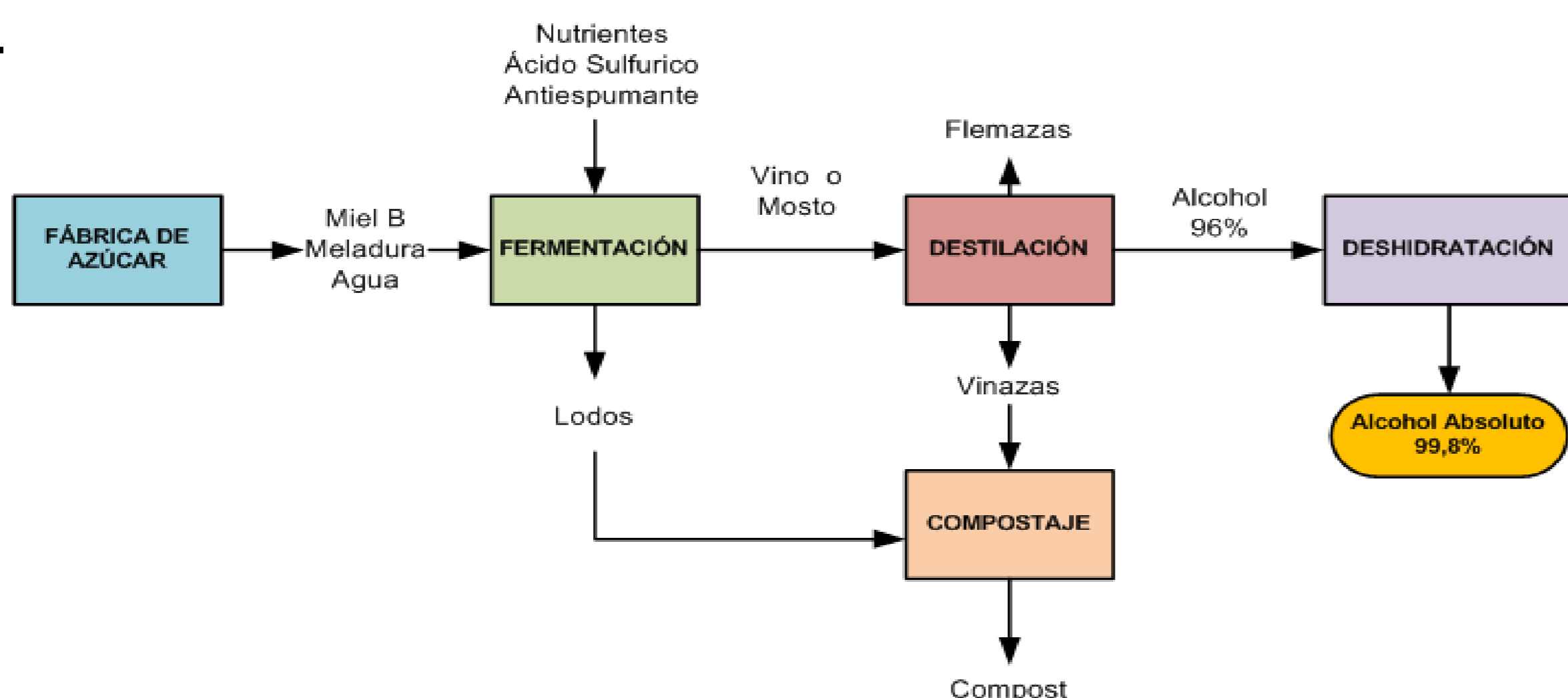


Fig 1. Diagrama de etapas del proceso de elaboración de etanol.

El punto clave para lograr un alto desempeño (refiriéndose estrictamente a las plantas destileras) es lograr una buena etapa de fermentación. Con base en la situación se plantea este trabajo con el objetivo principal de proponer un modelo orientado al control del proceso de producción de inóculos de levaduras (fermentación aerobia) para obtener etanol a partir de mieles derivadas de la caña de azúcar.

Descripción Proceso

El proceso de fermentación comprende 4 etapas: tratamiento de materias primas, fermentación aerobia, fermentación anaerobia y separación de producto - reciclo de levadura. La fermentación aerobia comprende una fase de preparación de semilla en el laboratorio microbiológico y posteriormente un incremento de población en bioreactores de escala industrial. La etapa industrial comprende tres bioreactores; dos bioreactores en operación batch y un bioreactor reproductor de operación continua. Este último reactor tiene por objetivo principal sostener la población de levadura en el tren de fermentación anaerobio, produciendo inóculos de levadura constantemente. La variables características en este bioreactor son: X (biomasa), S (sustrato) y C (oxígeno disuelto). Su diagrama operativo se observa en la figura 2.

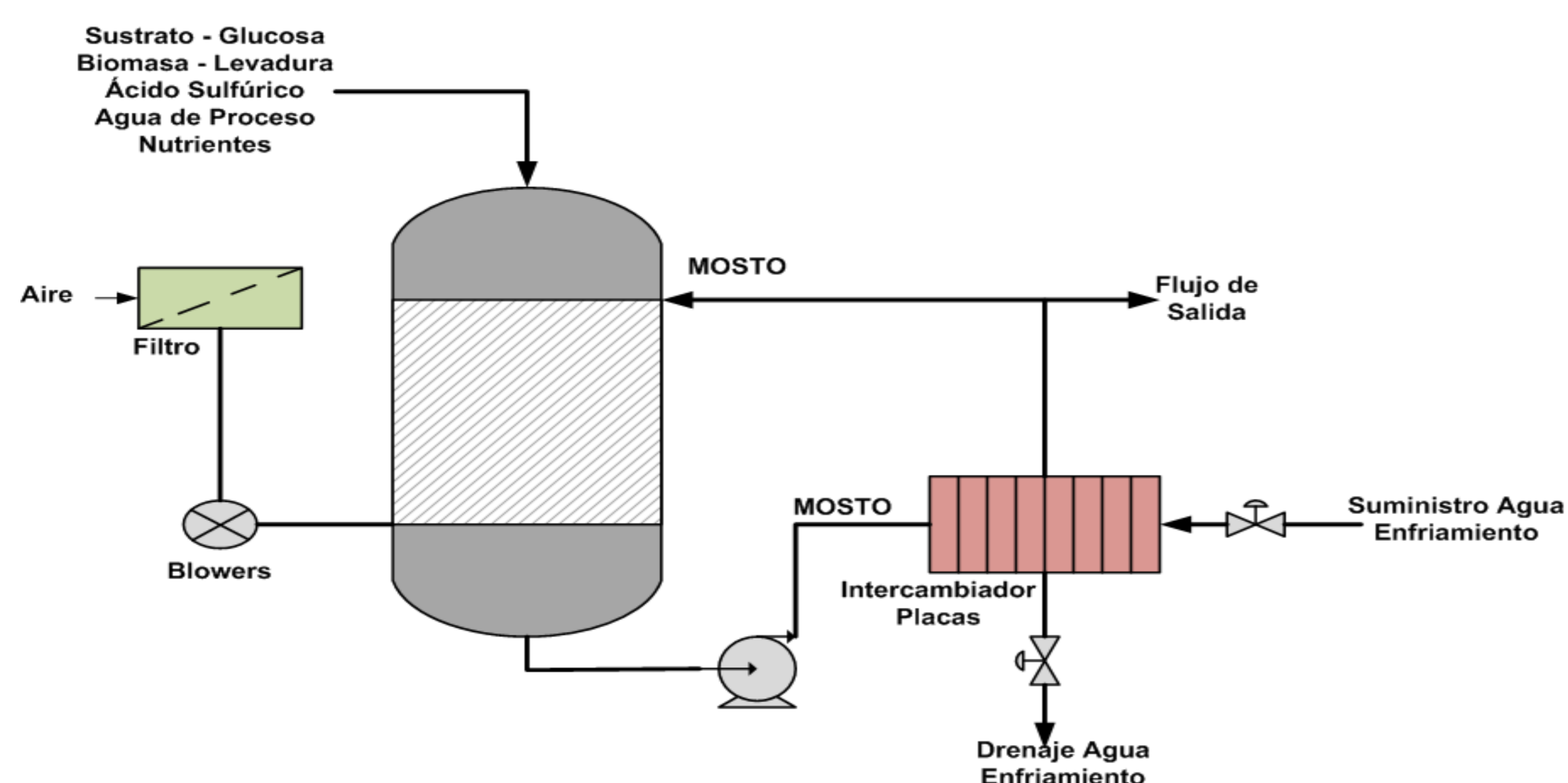


Fig 2. Diagrama operativo del proceso de producción de inóculos de levadura.

Propuesta de Automatización

Como parte de este trabajo, se desarrolló un proyecto junto con COLCIENCIAS, para proponer un esquema de automatización para el proceso. Con base en un análisis de instrumentación y control se plantea el P&ID de la figura 3. Cabe resaltar que este proyecto en particular se está implementando en uno de los ingenios del sector.

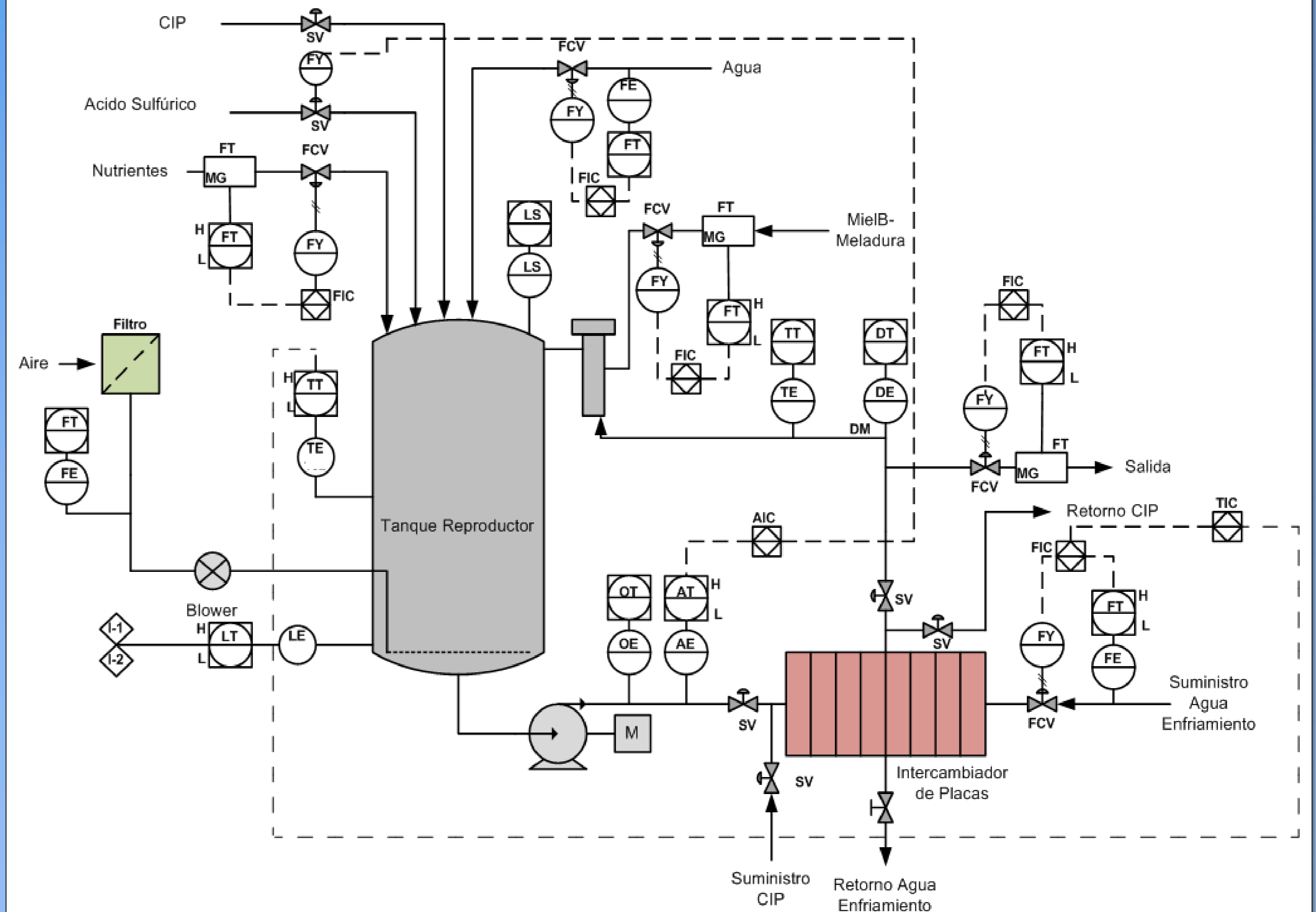


Fig 3. Propuesta de Automatización.

Resultados

Dentro de los resultados parciales se tiene el perfil de comportamiento de las variables X, S y C dentro del biorreactor expresado matemáticamente con las ecuaciones (1), (2) y (3).

$$\frac{dX}{dt} = \left(\mu_{MAX} \frac{S}{K_S + S} \frac{C}{K_C + C} \right) X - DX \quad (1)$$

$$\frac{dS}{dt} = \left[\frac{\left(\mu_{MAX} \frac{S}{K_S + S} \frac{C}{K_C + C} \right)}{Y'_{X/S}} + m_s \right] X + D(S_{in} - S) \quad (2)$$

$$\frac{dC}{dt} = (Q_1 - Q_2) - \left(\frac{\mu_{MAX} \frac{S}{K_S + S} \frac{C}{K_C + C}}{Y_{X/O}} \right) X - DC \quad (3)$$

Conclusiones

- Debido a que el eje operativo del proceso es una reacción bioquímica, es aun difícil concebir un esquema de control totalmente automático para el proceso de fermentación a escala industrial. Por tal motivo, los desarrollos en automatización se orientan a garantizar un ambiente físico- químico adecuado para el desempeño del microorganismo.
- El proceso es altamente no lineal y variante en el tiempo, no se cuenta con modelos precisos y hay ausencia de instrumentos en línea y en tiempo real para la medición de variables críticas (X,S).
- El esquema de automatización propuesto garantiza el cumplimiento de la mayoría de las condiciones ambientales, físicas y químicas necesarias para que la levadura pueda reproducirse, dando cumplimiento a la consiga indicada por Alford [2006]. Es viable su implementación a escala industrial.