

SIMULACIÓN APLICADA AL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TÉ SECO

MODELING APPLIED TO THE PROCESS OF DRY TEA ELABORATION

*NÉSTOR FABIÁN AYALA*¹
*JUAN CARLOS MICHALUS*²
*IVÁN SANTELICES Malfanti*³

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Misiones, Argentina

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Bío-Bío, Chile

RESUMEN

En este trabajo, se aplicó la simulación de procesos a una planta elaboradora de té seco para analizar la variación de la productividad frente a distintos cambios en la línea de producción. Para construir el modelo de simulación se utilizó el software Simul8, en el que se introdujeron los datos obtenidos de las mediciones del proceso actual. Se plantearon tres escenarios para el proceso y se obtuvieron diferentes porcentajes de mejora respecto al sistema actual. Basándose en los resultados de este trabajo es posible prever en que etapa del proceso se deben invertir recursos para lograr un mayor rendimiento.

Palabras Claves: Procesos Productivos, Secado de Té, Simulación.

ABSTRACT

In this work, modeling of production processes was applied to a dry tea factory to analyze the variation of productivity in the presence of different changes in the production line. In order to construct the simulation model Simul8 software was used, in which collected data from the measurements of the present process were introduced. Three different scenarios were presented for the same process and, as a consequence, different percentages for improvement were obtained with respect to the present system. Based on the results of this study, it is possible to predict in what stage of the process it is best to invest so that a greater yield can be obtained.

Keywords: Production Processes, Dry Tea, Modeling.

¹ Alumno del Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

E-mail: elvysio@hotmail.com

² Ingeniero Electricista, Magíster en Ingeniería de Producción, Docente Dpto. Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

E-mail: michalus@fiobera.unam.edu.ar

³ Ingeniero Civil Industrial, Doctor (c) en Ingeniería de Organización y Logística, Docente Dpto. Ingeniería Industrial de la Universidad del Bío-Bío, Chile.

E-mail: isanteli@ubiobio.cl

1. INTRODUCCIÓN

La simulación de procesos es una de herramienta muy importante utilizada en la ingeniería industrial, mediante ella es posible evaluar varias modificaciones alternativas en el proceso, con una mínima inversión y riesgo prácticamente nulo, lo que la convierte en un valioso instrumento de apoyo para la toma de decisiones.

El objetivo de este trabajo es aplicar la simulación al proceso de secado del brote de té, en una empresa PyME de la zona centro de la provincia de Misiones, Argentina, que procesa la hoja verde de té para transformarla en té seco, en sus distintas variedades, para su posterior venta a granel.

Una vez elaborado y validado el modelo de simulación para el proceso actual, se procederá a modificarlo para analizar el comportamiento del sistema ante distintas alternativas, en busca de una mejora en la productividad.

Los resultados de esta simulación permitirán:

- * Identificar los cuellos de botella del proceso, si existen.
- * Analizar de que manera se modificaría la producción total de té seco, variando la cantidad de recursos destinados en las distintas etapas del proceso.

Esta actividad se realizó como una experiencia académica en el marco de un convenio de colaboración entre la Universidad Nacional de Misiones (U.Na.M.), Argentina y la Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile (U.B.B.) y un acuerdo de cooperación educativa con una empresa manufacturera de la zona centro de la provincia de Misiones, Argentina.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TÉ NEGRO

A continuación, para que el lector tenga una idea del proceso de elaboración del té negro se describirá sintéticamente los pasos que se siguen a través de los distintos centros de trabajo, desde el ingreso de la materia prima hasta la salida del té seco.

La materia prima ingresa al secadero, por medio de vehículos que la transportan desde el lugar de cosecha, y es volcada dentro de cintas transportadoras que trasladan el producto hacia las **conservadoras**, las cuales consisten en una planchada provista de agujeros por los que se insufla aire para mantener fresca la hoja de té hasta que pasa a la etapa de marchitado.

El **proceso de marchitado** tiene por finalidad reducir el contenido de agua del brote, para prepararlo adecuadamente para los siguientes pasos. Durante esta etapa el té pierde alrededor del 40% de su peso original. La carga de materia prima se inicia por el primer modulo, el cual es abastecido por las cintas transportadoras que traen la hoja verde del sector de conservadoras.

La siguiente operación es el **picado del brote**. Este proceso tiene como finalidad romper las células del brote, para que queden en libertad ciertos componentes químicos, los cuales al tomar contacto entre sí y con el oxígeno del aire, desarrollan las cualidades propias del té negro. Inmediatamente se traslada el producto obtenido, a través de cintas transportadoras, hasta la sala de Fermentado.

En la etapa de **fermentado** se completa el proceso interno iniciado anteriormente, es decir,

el proceso de combinación del oxígeno del aire, con los componentes presentes en el brote y de éstos entre sí. En esta etapa, el té pierde por causa de la reducción de humedad, aproximadamente el 66% del peso con el que ingresa a la misma.

A continuación del fermentado se encuentra el **proceso de Secado**. Esta etapa tiene como finalidad detener el fermentado y reducir el contenido de humedad del té hasta un 3%. En esta etapa, el té pierde por causa de la reducción de humedad, aproximadamente el 60% del peso con el que ingresa a la misma.

A la salida del secado, el té pasa al **proceso de tipificado** en que se separa el té elaborado en fracciones de distinto tamaño de partícula. Las fracciones de distinto tamaño reciben el nombre de grados o tipos.

El producto terminado (Té Seco), es transportado por medio de cintas transportadoras hacia los silos de almacenamiento, los cuales poseen una capacidad individual de almacenamiento de 8 toneladas. Cada silo posee un sistema de apertura manual ubicado en su parte inferior el cual permite la dosificación justa para cada producto deseado. Dicha mezcla (Blend) es transportada por medio de una cinta hacia el último de los silos que recibe el nombre de «Silo Mezclador».

Una vez lleno el silo mezclador se procede al envasado del producto.

3. SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TÉ NEGRO

Etapas de la simulación:

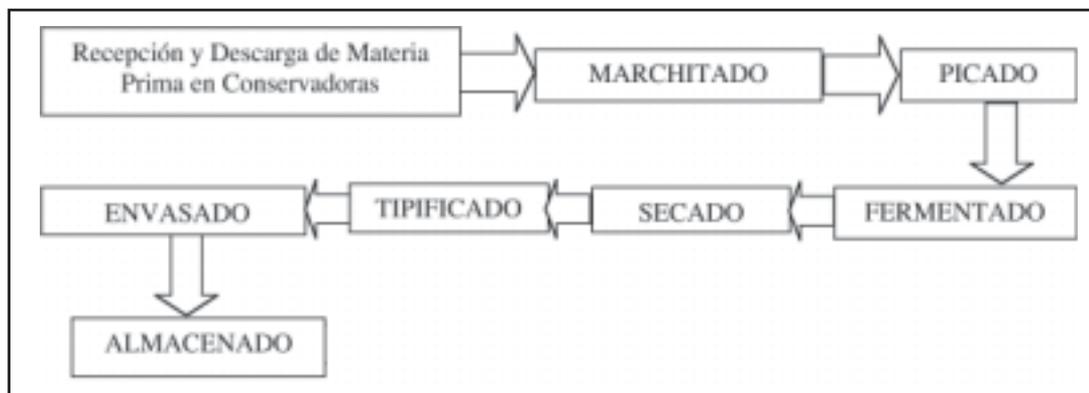
Seguidamente se mencionan las etapas que es necesario seguir para la simulación, las que más adelante serán desarrolladas con mayor nivel de detalle:

1. *Elaboración del modelo conceptual:* Comienza con la observación y el análisis del sistema real. Luego se debe elaborar un mapa conceptual que puede ser un diagrama de procesos, en éste se realizarán ciertas simplificaciones; y finalmente habrá que obtener la información mediante un relevamiento de los datos necesarios.
2. *Construcción del modelo informático:* Consiste en introducir y expresar los datos en el lenguaje de simulación correspondiente al del software elegido.
3. *Verificación y validación del modelo:* Se debe comprobar si el comportamiento del modelo informático se ajusta al funcionamiento del sistema real.
4. *Cambios de escenario:* En ésta etapa se determina las distintas alternativas de modificación al sistema con la finalidad de estudiar la respuesta del mismo.
5. *Corridas de simulación:* Se realizan en la cantidad determinada previamente, sirve para recoger los datos proporcionados por el modelo del sistema real, interpretarlos y realizar inferencias en base a estos ellos.
6. *Implantación de la mejor solución hallada:* Esto es, dejar a disposición del interesado la concreción de las propuestas de optimización encontradas de acuerdo a las políticas y disponibilidad de recursos de la empresa.

Modelo conceptual:

El modelo conceptual desarrollado para la planta elaboradora bajo estudio, se resume en el siguiente diagrama de bloques.

Figura 1: Modelo Conceptual del Secadero



Fuente: Elaboración propia.

La simulación del proceso se efectuará hasta la etapa de secado, debido a la dificultad de recabar datos en las posteriores etapas por la consecuente aleatoriedad dependiente exclusivamente de las características del brote recepcionado. La inclusión de estos datos en la simulación provocaría que los resultados y datos obtenidos no sean confiables ni representativos.

Una vez analizado el proceso productivo del secado de hoja verde de té, el siguiente paso fue la realización del análisis de los datos obtenidos a través de la medición de tiempos y velocidades en los distintos centros de trabajo del secadero.

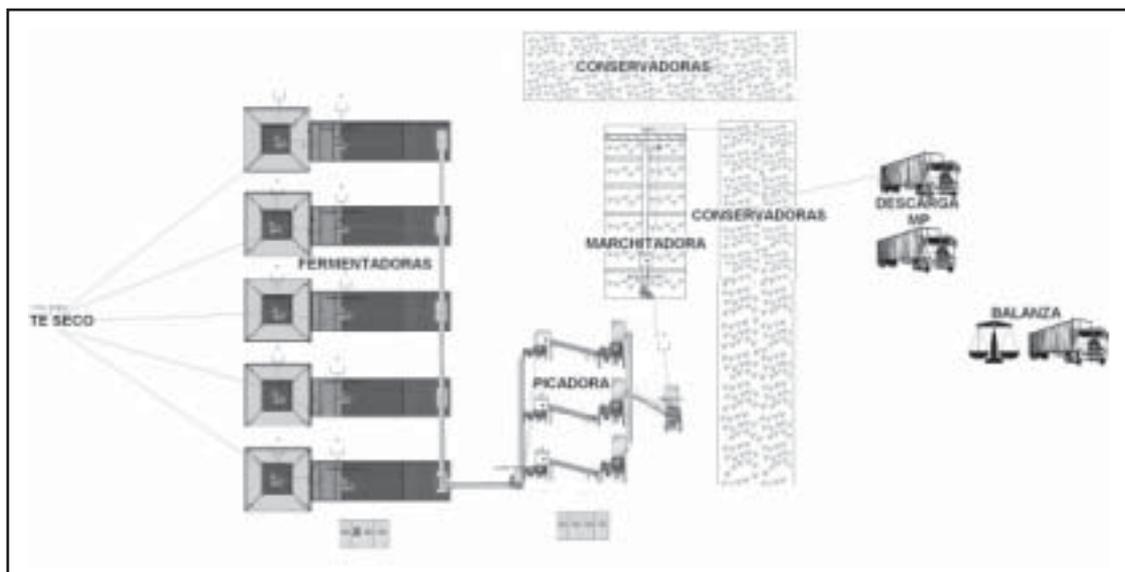
La información referente al comportamiento de los equipos y máquinas instaladas, así como su porcentaje de fallas, averías y tiempos de reparación, se obtuvo a partir de la observación y consulta a los propios operarios encargados de las mismas.

Para precisar la distribución estadística que mejor se ajustaba a cada etapa, se realizaron tres pruebas de hipótesis, siendo éstas las de Andersson-Darling, Kolmogorov-Smirnov y el test de la Chi-cuadrada, adoptando la distribución que mejor concordaba al menos con dos de ellas.

Una vez ajustados los lotes de datos a las distribuciones de probabilidad más adecuadas, se procedió a la construcción del modelo informático del sistema a simular.

Construcción del modelo informático

Analizadas cada una de las etapas, se utilizó el software Simul8® (disponible en la UBB) para reproducir el modelo. Éste se construyó tratando de reflejar de la manera más fiel posible el desempeño del sistema real, contando para ello con las herramientas suministradas por el software y realizando los gráficos representativos de cada centro de trabajo. El modelo en desarrollo se presenta en la Figura 2.

Figura 2: Modelo del proceso de producción

Fuente: Elaboración propia.

Validación del modelo

Finalizada la construcción del modelo informático, se procedió a la validación del mismo. La variable de validación escogida fue el promedio de kilogramos de té seco producidos por hora. Se estableció un nivel de confianza del 95 % y un error admisible del 5%.

Una vez realizadas las corridas necesarias se obtuvo una media de producción total del secadero de 21620,85 kilogramos de té seco en 24 horas de funcionamiento. O lo que es lo mismo, una manufactura promedio de 180 kilogramos de té seco por hora por cada línea de producción, valores que se encuentran dentro del margen de error admitido, por lo que los resultados se consideran válidos y realistas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios de escenario

Una vez validado el modelo se procedió a implementar los cambios de escenarios que se consideraron adecuados para mejorar el comportamiento del sistema. Los escenarios propuestos fueron los siguientes:

Escenario 1: Alcanzar el 100% de eficiencia en la fase de picado. Esta propuesta fue abordada enfocada a la idea de que lo primero que se debe hacer para mejorar el comportamiento de un sistema antes de hacer cualquier otra inversión, es utilizar de la mejor manera posible los recursos ya existentes.

Si se observan los resultados obtenidos en el sistema actual, se puede notar que el cuello de botella es la fase de picado, ya que debido a las constantes averías o atascamientos, se detiene todo el proceso. Por lo tanto, se analizó como variaría la cantidad de té producido si no se produjeran «breakdowns» en la sección de Picado. Como resultado se obtuvo un aumento en la producción de aproximadamente el 10% con respecto al sistema actual.

Escenario 2: Aumentar las líneas de Picado. Se analizó como variaría la cantidad de té seco producido si se aumentaran las líneas de picado lo suficiente como para evitar el atascamiento del producto por sobrecarga. Como resultado se obtuvo un aumento de producción de aproximadamente el 11% respecto al sistema actual.

Si se analiza este resultado y se compara con el obtenido con un 100% de eficiencia de las picadoras, se observa que la diferencia no es significativa. Esto radica en que aunque se aumenta la capacidad de picado, la marchitadora continúa con su producción normal y no se utiliza al máximo la capacidad de las picadoras, sino que éstas trabajan holgadamente. Por lo tanto, si se analiza aumentar la capacidad de picado, también se debe considerar el aumento de la capacidad de la marchitadora.

Escenario 3: Instalar una nueva línea de Fermentado. Se analizó como variaría la cantidad de té seco producido si se instalara una nueva línea de fermentado sin realizar cambios en la sección de picado. Como resultado se obtuvo un aumento aproximado de apenas un 4,7% respecto al sistema actual.

Si se analiza este resultado resulta claro que no se justifica una inversión en una nueva línea de fermentado, si no se aumenta primeramente la capacidad en las fases de Picado y Marchitado.

A modo de resumen y para una fácil comparación, se presentan en la Tabla 1 los valores de producción de té seco, obtenidos para cada uno de los escenarios propuestos anteriormente como alternativas de mejora que es posible realizar al sistema de producción actual.

Tabla N°1: Comparación de Resultados

	Situación Actual [kg]	Escenario 1 [kg]	Escenario 2 [kg]	Escenario 3 [kg]
Total de té seco producido en 24 horas	21620	23680	24060	22650
Promedio de té seco por hora por línea de producción	180	197	200	188
Porcentaje de aumento de producción respecto al actual	-	10%	11%	4,7%

Fuente: Elaboración propia, a partir de los resultados de la simulación.

Para determinar cual de las opciones propuestas será llevada a la práctica, las autoridades de la PyME deben realizar un minucioso análisis de los costos y potenciales beneficios que acarrearían las nuevas implementaciones, así como las fuentes de obtención de recursos para las inversiones necesarias.

Es importante señalar que la simulación permitió detectar el cuello de botella del proceso (marchitado) y mostró que resultaría inútil mejorar las demás etapas sin aumentar la capacidad de producción de este centro de trabajo.

5. CONCLUSIONES

Utilizando la simulación se pudo reproducir fielmente el proceso de elaboración de té seco de la PyME de la provincia de Misiones, Argentina, demostrado que la simulación de procesos se pudo adaptar perfectamente a este tipo de empresa de pequeña escala, permitiendo comparar los resultados de las propuestas de cambio y valorarlos en forma cuantitativa.

Si bien las mejoras planteadas indican un aumento de la producción, éstas presentan distintos grados de inversión que deben ser analizados bajo una relación costo/beneficio para determinar cual de ellas es realmente viable.

Este trabajo constituye una experiencia académica y práctica importante en la formación del alumno que participó directamente de la misma, y que a su vez actúa como agente de difusión entre los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la U.Na.M.

Desde el punto de vista de la Facultad de Ingeniería y de la empresa, se ha logrado un mayor acercamiento entre ambas, lo que resulta alentador.

También es importante resaltar que esta actividad requirió del trabajo conjunto entre la U.Na.M. y la U.B.B., estrechando los vínculos existentes entre instituciones de dos países latinoamericanos, que vienen desarrollando actividades conjuntas con muy buenos resultados académicos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- J. Banks, J. Carson Y B. Nelson (1996): «Discret-Event System Simulation», New Jersey; Prentice-Hall International Series, 1996, Segunda Edición.
- G. Olsson (2006): «Apuntes de curso de Simulación». Dictado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina.
- G. Olsson et. al (2005).: «La Simulación Como Herramienta útil Para Las Pequeñas Y Medianas Empresas»; ponencia presentada en: *34º Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa, Simposio de Investigación Operativa*. Publicación: Anales de las jornadas. Organizador: Sociedad Argentina de Informática e Investigación Operativa; Rosario, Santa Fé, Argentina.
- R. Walpole y R. Meyers (1992): «Probabilidad y Estadística», México; McGraw Hill, Cuarta Edición (Tercera en español).

