



EFICIENCIA EN ACOPIOS

ESTRATEGIAS DE SECADO EN SILO

La simulación de diferentes estrategias de secado en silo a baja temperatura, son bajo aire natural continuo (ANC), selección en base al contenido de humedad de equilibrio del aire (CHE), adición de calor continua (CC), y estrategia inteligente de calor variable (EICV). El secado comienza con el llenado del silo y se considera terminado cuando la humedad final promedio es menor de 15% y la humedad final máxima es menor de 16%.

- **La estrategia ANC consiste operar el ventilador de manera continua, independientemente de las condiciones climáticas,** desde el llenado del silo hasta la finalización del proceso de secado. Esta es la estrategia más simple de todas, ya que no hace ningún tipo de selección de la calidad del aire ni tampoco utiliza calor suplementario.
- **La estrategia CHE consiste en seleccionar las condiciones de secado en base al contenido de humedad de equilibrio (CHE) del aire ambiente.** El CHE es un parámetro que indica la humedad a que tendería a estabilizar el grano cuando es expuesto a una determinada condición del aire ambiente (temperatura y HR%). Por ejemplo, para una condición de aire de 20°C de temperatura y 70% HR, los granos de maíz se equilibrarían aproximadamente a 14.4% de humedad.

La estrategia CHE no usa calor suplementario y controla el ventilador en base a dos límites de CHE. Siempre que las condiciones ambientales se encuentren entre los límites inferior y superior, el ventilador funcionará de manera continua. Cuando el CHE del aire ambiente se encuentra fuera de los límites preestablecidos el ventilador se apaga. De esta manera se puede seleccionar las horas adecuadas de secado. Por ejemplo, si los límites preestablecidos son 12 y 18%, se descartan aquellas que son muy húmedas (CHE > 18%) para evitar el rehumedecimiento del grano, y se descartan también las horas que son extremadamente secas (CHE <12%) para evitar el sobresecado del grano.

- **La estrategia CC consiste en el uso de calor suplementario (de 2 a 7°C por sobre la temperatura ambiente) de manera continua.** En esta estrategia el ventilador y quemador (o calentador eléctrico) operan de manera continua, independientemente de las condiciones ambientales, desde el llenado del silo hasta la finalización del proceso de secado.
- **EICV es la más compleja de todas las estrategias de secado en silo, ya que tiene incorporada un modelo de secado que le permite predecir el contenido de humedad del grano durante toda la etapa de secado.** Esta característica le permite auto adaptarse a las diferentes condiciones climáticas, utilizando el ventilador y el quemador de manera más o menos agresiva según el contenido inicial de humedad del grano y la evolución de las condiciones climáticas de la estación de secado.

La ANC no es una buena estrategia para determinadas localidades ubicadas al sur de provincia de Buenos Aires, como Balcarce. Las condiciones climáticas de esta localidad durante el otoño hacen que no sea posible secar maíz en un tiempo razonable (163 días). Debido al prolongado tiempo de secado, el costo de secado resulta muy elevado. En localidades más al norte, como en el caso de Pergamino, por otra parte, las condiciones climáticas permiten el secado del grano con aire natural continuo en aproximadamente 72 días (tiempo de secado recomendable: menos de 60 días), y la humedad final promedio de 14.6%. Para esta localidad, podríamos concluir, la estrategia ANC no es la ideal pero es realizable.

La implementación de la estrategia CHE no es aconsejable para Balcarce. **Si bien la selección de las horas de operación del ventilador reducen notablemente los costos de secado, el**

tiempo de secado es todavía muy prolongado (117 y 124 días para CHE con límites 0-18 y 12-18, respectivamente). En el caso de Pergamino se puede observar que CHE con límites 0-18% (se descartan todas las horas que tenderían a equilibrar el grano por encima de 18% de humedad) reduce el tiempo y costos de secado.

Sin embargo esta estrategia produjo un importante sobresecado de la masa de granos (humedad final promedio de 13.2%). Para tratar de disminuir el sobresecado se estudió incrementar el límite inferior a 12%, por lo que en este caso también se descartan aquellas horas que tenderían a sobresecar el grano a menos de 12%. Como resultado se puede observar que la humedad final promedio incrementa (14.1%), el costo no cambia significativamente, pero el periodo de secado se extiende a 97 días.

De esta manera podemos concluir que, en localidades con temporadas de secado relativamente frías y húmedas (Balcarce), las estrategias de selección de las horas de uso de ventilador no son efectivas, ya que no logran acortar significativamente el tiempo de secado.

Por otra parte, en las localidades con condiciones climáticas relativamente más secas y cálidas durante la época de secado (Pergamino), la selección de las horas de ventilador pueden ser una estrategia efectiva, pero deben buscarse los límites adecuados para, por un lado evitar el sobresecado del grano, y por otro lado evitar períodos de secado demasiado extensos.

El uso de calor suplementario fue una estrategia adecuada para Balcarce. Cuando se agregaron 3°C (estrategia CC 3C), el tiempo de secado se redujo a 42 días, la humedad final promedio fue muy cercana a 15% (14.8%), y el costo de secado fue razonable. La misma estrategia en Pergamino resultó en un sobresecado significativo de la masa de granos (13.3% humedad final), por lo que CC no es una estrategia adecuada para esta localidad. La adición de menos de 3°C al aire ambiente podría mejorar los resultados en Pergamino, pero esta no es una opción técnicamente posible para los quemadores de gas disponibles en el mercado. Esta opción es técnicamente posible con calentadores eléctricos, pero el costo de la electricidad es significativamente mayor que el del gas.

EICV fue, de las estrategias posibles, la más adecuada para Balcarce y Pergamino. En las dos localidades, independientemente de las diferencias climáticas, la estrategia EICV fue capaz de secar el grano a una humedad final cercana a 15% (14.8% para Balcarce y 14.5% para Pergamino) en un corto periodo de tiempo (39 días para Balcarce y 36 días para Pergamino). Además, el costo de secado con esta estrategia fue muy razonable para ambas localidades.

PARA TENER EN CUENTA

1. **Los sistemas de secado en silo con aire natural o baja temperatura (AN/BT) producen una muy buena calidad de grano** (bajo porcentaje de granos fisurados y poca variabilidad de humedad de granos individuales).
2. Estos sistemas de secado son muy influenciados por las condiciones climáticas.
3. **Para secar granos de manera consistentemente exitosa se requiere de :**
 - Control automático de ventiladores y/o quemadores.
 - Estrategia de secado específica para cada localidad.
 - Caudal de aire relativamente elevado (de 1 a 1.5 m³min⁻¹t⁻¹) y buen sistema de distribución del aire (ideal: piso plano totalmente perforado). Es importante también contar con bocas de venteo bien dimensionadas (0.33 m² de abertura por cada 100 m³min⁻¹ de caudal de aire en el silo).
 - Instalar desparramadores de granos, nivelar la superficie del granel (eliminar el “pico”), implementar prelimpieza o el descorazonado del silo (“coring”) para mejorar la distribución del flujo de aire.
 - No superar la humedad máxima del grano de 21%.

**Fuente: datos propios y PRECOP 2007
Consultora NewsAgro**