

13. Preparación de la secadora y su limpieza

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiete ▶](#)

Al empezar la temporada la secadora debe estar lista para trabajar. Esto significa en primer lugar la limpieza total de la torre de secado.

Si no se hiciera así, no sería difícil que se observaran bajos rendimientos de la máquina, debido a menores cantidades de agua evaporadas en el aire usado.

Una correcta limpieza, además, reduce mucho los riesgos de daño a la mercadería y los peligros de incendio.

La mayoría de las veces los problemas se deben a la acumulación en las columnas y caballetes de elementos gruesos de algunos centímetros de espesor constituidos por materiales rígidos como pedazos de hojas, de paja, de marlos, etc., que al aglomerarse, forman tapones que impiden el escurrimiento normal del grano, y que constituyen pasajes preferenciales para el aire caliente. Este aire DO arrastrar bien el

agua del grano, sobresecar las impurezas y podrá facilitar el inicio de incendios. Además todo esto significa un mayor consumo de combustible.

Es común ver oxidadas las partes metálicas de la zona superior de la cámara de secado de las secadoras tipo torre, debido a que el aire está muy cargado de humedad en esa parte.

En secadoras de columnas, las paredes perforadas interiores y exteriores deben limpiarse perfectamente pues si los agujeros están tapados por granos partidos, polvillo u otros cuerpos extraños se produce una reducción de los caudales de aire y del rendimiento de la secadora. Esta limpieza tiene que hacerse también en forma periódica en épocas de trabajo. La limpieza es fundamental sobre todo cuando se debe cambiar de grano.

Es importante que la secadora tenga fáciles accesos a su interior a fin de poder efectuar los periódicos trabajos de limpieza y mantenimiento.

Se aconseja que posea escaleras seguras para acceder a los diferentes lugares de la máquina.

También adquiere real importancia tener un buen programa de mantenimiento y

reparaciones en época de trabajo. Si no fuera posible contar con todo el personal especializado para dichas tareas (electricistas, mecánicos, expertos en quemadores, etc.) se debe tener la seguridad de hacer arreglos previos para que aquellos puedan acudir de inmediato. Una secadora detenida muchas horas puede significar una pérdida de dinero importantísima.

Antes de ponerla en marcha debe verificarse el libre funcionamiento de los distintos mecanismos, como los ventiladores (haciéndolos girar varias vueltas para asegurarse que no haya roces), el descargador y otras partes móviles.

Deben lubricarse todos los alemites y movimientos empleando las grasas y aceites que se recomiendan, para lo cual hay que consultar los respectivos manuales de los fabricantes.

Igualmente, la limpieza de los filtros, el estado del quemador y de la cámara de combustión o del horno resultan primordiales tareas previas a la iniciación del trabajo de la secadora.

14. Puesta en marcha de la secadora

Al comenzar el secado con la máquina llena de grano húmedo, el tercio inferior sale húmedo de la secadora y otro tercio semihúmedo, granos que deben ser retransportados a la secadora.

Mejor conveniente es llenar la máquina con grano seco (dejarla llena el día anterior) para que de esta manera, una vez iniciado el proceso, los granos desciendan paulatinamente, dando lugar a que los granos húmedos que entran con posterioridad reciban el proceso de secado y enfriamiento y salgan adecuadamente secos.

En los manuales de cada secadora se encuentran las instrucciones para su puesta en marcha; en la mayoría de las máquinas, en primer lugar se prenden los ventiladores y posteriormente el quemador. Luego de unos 15-20 minutos de funcionamiento para permitir el calentamiento de toda la masa de grano, cámaras, torre, etc., se puede accionar el sistema de descarga, de modo de conseguir el paso de la cantidad deseada de granos.

Como existen tipos diferentes de secadoras, cada una tiene su método particular de puesta en marcha, por lo que se recomienda muy expresamente seguir las instrucciones del manual.

Siempre que sea posible la secadora debe funcionar sin interrupciones. Las detenciones repetidas pueden provocar la compactación del grano y resulta después difícil ponerla nuevamente en movimiento y además afectan la eficiencia general de la máquina.

Por estas razones es necesario contar con una capacidad de almacenamiento de grano suficiente para mantener la secadora en funcionamiento sin interrupciones.

Es trascendente que la máquina trabaje siempre llena, pues si no lo está se resiente su funcionamiento. Para ello, se cuenta con el sensor de nivel de llenado, en la parte superior; si este último no funciona o no existe, la secadora puede trabajar poco cargada, entonces el aire circulará con mayor velocidad en la zona superior sin atravesar los granos, con la consiguiente pérdida de rendimiento.

Los sensores o controles de nivel de llenado no deben faltar en ninguna secadora. Los más empleados trabajan por la presión que ejercen los granos sobre el contacto del sensor. Cuando la máquina está llena, se desactiva la alarma. Cuando la máquina se vacía, se pierde el contacto y la alarma suena y se prende la luz de aviso.

Más útiles son los sensores de máxima y de mínima. Los de máxima se activan cuando la tolva está llena y desconectan automáticamente la alimentación de la

misma. Los de mínima son del tipo ya mencionado.

Las secadoras continuas pueden demorar hasta dos horas en alcanzar su régimen de trabajo normal. Algunas máquinas, al principio pueden producir nubes de humo blanco porque todavía la cámara de combustión o el horno están fríos, que desaparecen cuando se haya alcanzado la temperatura suficiente.

Al finalizar el secado se debe apagar el quemador dejando los ventiladores funcionando unos 45 a 60 minutos, sobre todo si el grano va a permanecer en la secadora, con el fin de conservar el grano parcialmente seco en las distintas zonas.

15. Controles de seguridad

Además de los diversos controles ya explicados en otras secciones de este libro, hay otros que son recomendables en todas las secadoras, como los siguientes:

- Corte automático del suministro de calor si el movimiento del aire se detiene.
- Válvula manual, de accionamiento rápido, ubicada en la línea de

provisi^on de combustible, antes de la secadora y fuera de todo recinto o edificio.

- Corte autom^otico de combustible gaseoso a los pilotos en oportunidad que estos se apaguen.

- Cuando se emplean combustibles gaseosos, un control deberla permitir una preventilaci^on de la c^omara del plenum, antes del encendido.

- Los controles el^ectricos deber^on estar separados de los controles de gas; estos ^oltimos, como v^olvulas, filtros, v^olvulas de seguridad, no deber^on estar ubicados en la caja de controles el^ectricos.

- Los motores el^ectricos deber^on estar protegidos, para evitar sobrecargas por fusibles, interruptores, relays t^ernicos o dispositivos similares.

- Detenci^on de los equipos transportadores de grano a la secadora, pero sin detener los equipos transportadores de la descarga de la m^oquina por un cierto tiempo hasta liberarla totalmente y si fuera necesario detener el proceso.

- El dise^o y la fabricaci^on de secadoras se bao orientado hacia la seguridad de los operarios. Sin embargo, la naturaleza de las secadoras teniendo quemadores, equipo el^ectrico de alto voltaje y elementos rotativos de gran velocidad, siempre presentan un peligro al personal, por lo que todas las medidas de seguridad deben ser atentamente cumplidas.

16. Los incendios

Cuando Francia, el país quizás líder en cuanto al diseño de secadoras modernas, construyó máquinas con recuperación de calor, temperaturas diferenciales y otros adelantos y al mismo tiempo comenzó a eliminar el intercambiador de calor y se notó un aumento considerable en los incendios de secadoras.

El hecho de enviar los gases de combustión directamente al aire de secado es una causa de la iniciación de los incendios. Las partículas que pueden llevar los gases como basura, polvo y grasas que vuelan cerca de las secadoras y que absorben los ventiladores, se pueden inflamar y comenzar el fuego en el interior de la máquina.

Por esta razón hubo necesidad de agregar filtros que detuvieran las impurezas que arrastraba el aire usado que había atravesado el grano, como se ha ilustrado cuando se trató el tema de la recuperación de calor. Al respecto hay que recalcar que si se obstruyen los filtros, ellos mismos pueden transformarse en generadores de incendios.

Además se advirtió una tendencia a alejar la secadora del resto de las instalaciones de la planta de acopio, por lo menos unos 5 a 6 metros.

Posteriormente se han difundido los sensores que detectan elevaciones de temperatura en el aire usado y en el interior de la máquina.

A medida que las secadoras son de mayor tamaño, las pérdidas por incendio se hacen más cuantiosas, no solo por los daños físicos a reparar, sino también por el lucro cesante de una máquina detenida y los gastos de transporte para el tratamiento de los granos en otro centro de acopio.

Se debe tratar por todas las formas de evitar la aspiración de aire sucio; ejemplos de este tipo se presentan en locales cerrados que tienen silos abiertos, en aspiraciones a favor de vientos predominantes cuando hay en las cercanías tubos de descarga, limpiadoras, basura emitida por la misma secadora, etc. Es conveniente siempre algún tipo de malla filtrante delante del ventilador.

El girasol es el grano que más peligro presenta para iniciar un incendio, por las razones que se indican en el tema "Secado de girasol", del Capítulo IX.

17. Causas que favorecen los siniestros

Haciendo abstracción de los problemas ya mencionados, en Argentina se pueden destacar las siguientes causas, en orden de prioridad:

- Falta de mantenimiento y limpieza del interior de la cámara de secado. A veces ello se produce por negligencia y en otras porque existen lugares de la máquina que son inaccesibles para los operarios de limpieza. En algunos sitios se produce acumulación de restos vegetales y basura, que se recalientan y auto-inflan. En ocasiones, cuando se detiene la secadora por tiempo prolongado sin haberla vaciado previamente, al volver a funcionar se originan atascamientos que pueden iniciar el fuego.
- Ingreso a la secadora de grano muy sucio de restos vegetales, paja, chala, etc., por la falta de prelimpieza de los granos. Estas impurezas se deshidratan completamente y se pueden inflamar con facilidad.
- Mal funcionamiento del quemador, por defectuosa pulverización del combustible debido a suciedad, falta de mantenimiento, regulación incorrecta de la temperatura.
- Producción de compuestos inflamables por elevadas temperaturas en granos oleaginosos especialmente, o por fermentaciones que originan alcoholes, ácidos grasos volátiles fácilmente combustibles.
- Aspiración de impurezas por los ventiladores, como se comentó más arriba.

- Corrosión excesiva de la cámara de combustión o del horno, que puede ocasionar partículas metálicas incandescentes.
- Alargamiento de la llama por bruscas variaciones del caudal de aire, por problemas del ventilador, cierre accidental de persianas, etc., llama que puede alcanzar hasta las columnas.

M. Eugene (1989), en experiencias realizadas en Francia, comprobó grandes diferencias de temperatura del aire de secado en algunas secadoras de este país, dentro de la cámara de secado, con filetes de aire de muy altas temperaturas que podrían originar focos de incendio.

18. Medidas para evitar los incendios

- Realizar la prelimpieza del grano húmedo.
- Limpieza periódica de la secadora, del quemador y otras partes.
- Buen control de las temperaturas del aire de secado, y del aire usado que sale de la máquina.
- Rebajar las temperaturas cuando se sequen granos peligrosos, como girasol

y sorgo granífero.

- Colocar mallas filtrantes en las bocas de los ventiladores o abertura de aspiración, y utilizar filtros de aire en secadoras con recirculación de calor.
- Disponer de ciclones en cabezas de norias y en otros lugares para eliminar buena parte de la basura y el polvo.

Algunos dispositivos o mejoras que se aconsejan son:

- Colocar persianas, tapas o elementos similares que permitan obturar las entradas de aire a los ventiladores o a las cámaras, para evitar el efecto "chimenea", que puede agravar al incendio, ano con los ventiladores detenidos.
- Ubicar sondas térmicas en lugares claves de la máquina para controlar la temperatura del aire de secado, y del aire usado. Eugene (1989) recomienda por lo menos 10 sondas térmicas en toda la altura de la cámara del aire usado.
- También existen en la actualidad detectores de diversos tipos, como los gaseosos de bixido de estaño que, ubicados en los conductos de evacuación del aire usado, están unidos a alarmas luminosas sonoras. Igualmente detectores de hilo de nylon, que se funden a temperaturas elevadas, y accionan las alarmas.

- Contar con otros controles como son el nivel de grano mínimo en la tolva superior de alimentación, detección de retardos en el movimiento de los granos antes y después de la secadora, etc.

19. Acciones a encarar en caso de incendio

- Detener todos los movimientos de grano, apagar los quemadores y los ventiladores.
- Bloquear todas las entradas de aire, como se dijo.
- En la mayoría de los casos no conviene descargar rápidamente las cámaras y columnas de secado, pues se puede agravar el problema al aumentar el tiraje de aire y la provisión respectiva de oxígeno.
- Atacar los focos de incendio con extinguidores y mangueras de agua. En general, es mucho mejor arrojar el agua desde arriba de la máquina. Si se hace desde abajo, abriendo las puertas de la tolva inferior, se puede favorecer la propagación del fuego por el efecto de chimenea que se crea.

Es de advertir que todas estas acciones deben ser llevadas a cabo por personal de la

planta, el que debe estar previamente capacitado para ello. Es muy conveniente instruir a todas las personas sobre estas medidas, para que sepan actuar con rapidez ante un incendio y no sean presas del pánico. Si el agravamiento requiere la intervención de los bomberos, hay que pensar que ello producirá importantes daños, además de la paralización de las instalaciones y de las pérdidas resultantes.

20. Problemas y soluciones

En esta sección se describen algunos problemas comunes que se originan en el trabajo, y se refieren a las secadoras más corrientes de Argentina. Es importante que estos aspectos estén tratados en los manuales de los fabricantes, los cuales deben ser consultados por los usuarios.

Los problemas referentes a ciertos daños ocasionados a los granos, como pérdida de elementos nutritivos, de color, rotura, excesivo fisurado, etc., se encuentran detallados en el Capítulo X.

Otros temas, como lubricación, arranque, instalación de la máquina, conexiones, etc., son específicos de cada marca y modelo, aspectos que figuran en los respectivos

manuales de instrucciones.

PROBLEMA : Bajo rendimiento de la secadora en t/hora

Causa : Grano que ingresa muy sucio, con gran cantidad de hojas, pajas, materias extrañas, pedazos de marlos, etc.

Solución : Efectuar la prelimpieza del grano húmedo

Causa : La temperatura del aire es inferior a la adecuada

Solución : Regular el quemador

Aumentar la inyección del combustible

Causa : Menor caudal de aire que el adecuado

Registros, persianas o aberturas muy cerrados o insuficientes

Falta de velocidad del ventilador

Solución : Abrir los registros o persianas

Motor en mal estado o mal elegido

Causa : Torre de secado no totalmente llena de granos

Soluci^on : Verificar el control de nivel de llenado

Aumentar la capacidad de carga del elemento de transporte de grano

Causa : Paredes perforadas obstruidas (en secadoras de flujo cruzado)

Soluci^on : Efectuar la prelimpieza del grano

Limpiar peri^odicamente las paredes

Causa : Filtros colmados de suciedad (en maquinas con recirculaci^on de aire)

Soluci^on : Limpiar o cambiar los filtros

Causa : El humed^ometro funciona mal, o se lo emplea incorrectamente

Soluci^on : Controlarlo, cambiarlo o consultar

Causa : Cálculos erróneos de las mermas

Solución : Revisar los cálculos, o hacerse asesorar

PROBLEMA : No se alcanza la temperatura correcta del aire

Causa : Falta de aislamiento de paredes y cámaras

Solución : Aislar paredes y cámaras

Causa : Pérdidas por filtraciones de aire

Solución : Tapar filtraciones y fugas

Causa : Mala regulación del quemador

Solución : Regular el quemador

Aumentar la inyección de combustible

Si la máquina tiene entradas de aire de dilución, no deben cerrarse para obtener un aumento de temperatura, porque se producirá una pérdida de rendimiento de la

secadora.

PROBLEMA : El grano sale desuniforme en su humedad

Causa : El grano no se mezcla bien en la secadora

Ingresan partidas de grano con mucha diferencia de humedad inicial

Soluci^on : No secar granos con gran diferencia de humedad

Causa : Falta un control m^{as} estricto de la humedad de salida

Soluci^on : Controlar con mayor periodicidad la humedad de la descarga o instalar un control autom^{at}ico.

PROBLEMA : Exceso de revenido en los granos secados

Causa : Secar en una sola pasada a granos muy h^{um}edos

Medir la humedad al grano reci^{en} salido de la secadora

Soluci^on : Secar en dos o m^{as} pasadas

Medir la humedad unas 10 horas luego del secado

Emplear seca-aireaci

PROBLEMA : Los granos salen muy calientes

Causa : Escaso enfriamiento

Soluci

Causa : Excesivo tiempo de permanencia

Soluci

Aumentar la descarga

Causa : Granos sobresecados

Soluci

Causa : Escaso tiempo de permanencia (granos con poca humedad inicial)

Soluci^on : Disminuir la descarga

Reducir la temperatura del aire

Causa : Muy alta temperatura exterior

Soluci^on : Secar de noche

PROBLEMA : El quemador no se prende

Causa : Agua en el gas-o^l

Aire en el circuito

Piloto que se apaga

El encendido el^{ect}rico no funciona

Soluci^on : Mantener el tanque de combustible siempre lleno

Cabar la bomba de combustible

Mala regulaci^on

Buj^{as} muy separadas o muy gastadas o toc^{andose}

PROBLEMA : Elevado consumo de combustible

Causa : Muy altas temperaturas de secado

Quemador mal regulado

Temperatura exterior muy baja

Soluci^on : Reducir temperatura de secado

Regular quemador

Secar en horas m^{as} c^{olidas}

PROBLEMA : Aparecen granos tostados o quemados

Causa : Tiempo de permanencia excesivo

Solución : Aumentar la velocidad de descarga

Causa : Se trabaja con temperaturas de secado más elevadas de lo necesario

Solución : Disminuir la temperatura de secado

Causa : Obstrucciones en el interior de la máquina, que detienen mucho tiempo a algunos granos

Solución : Descargar la máquina totalmente y limpiarla

Causa : Mal funcionamiento del sistema de descarga

Solución : Regularlo correctamente

PROBLEMA : Los granos salen con olor a combustible

Causa : Uno de combustibles líquidos pesados

Solución : Usar solo gas-oil

Mejor transformar el quemador para emplear gas envasado o natural

Incluir un intercambiador de calor

PROBLEMA : Se apaga la llama

Causa : Falta de combustible

El sistema de control de llama corta el paso de combustible por exceder la temperatura fijada para el secado

Falla del sistema de control

Soluci^on : Suministrar el combustible necesario

Revisar la c^omara de secado, o modificar la regulaci^on de temperatura

Revisar el sistema de control

PROBLEMA : Formaci^on de carb^on, granos ahumados, llama deficiente

Causa : Suciedad y obstrucci^on de los picos pulverizadores

Falta de aire al quemador

Mala pulverizaci^on del combustible

Soluci^on : Limpiar los picos y los filtros

Mala regulaci^on del sistema de aire al quemador

Controlar y regular los picos

PROBLEMA : Se arroja mucha basura al exterior

Causa : Grano que ingresa muy sucio

Falta de prelimpieza del grano

Falta de un sistema apropiado para recoger basura

Soluci^on : Efectuar la prelimpieza

PROBLEMA : Se pierden granos en el aire usado (para secadoras de flujo mixto)

Causa : Excesivo caudal de aire para el tama^o o peso de los granos

Torre de secado no totalmente llena

Soluci^on : Reducir el caudal de aire

Verificar el control de nivel de llenado

PROBLEMA : Se producen llamaradas rojas y nubes de humo

Causa : La c^omara de combusti^on est^o fr^oa

Soluci^on : Esperar que la c^omara se caliente reduciendo el consumo de combustible. Luego de 3 a 5 minutos se habr^o alcanzado el calentamiento necesario

Causa : Combusti^on con exceso de combustible

Soluci^on : Disminuir el paso de combustible, si no es posible aumentar la entrada de aire

Causa : La entrada o v^olvula de paso de aire al quemador est^o parcialmente cerrada

Soluci^on : Aumentar despacio la entrada de aire a la combusti^on

Bibliografía

ACIAR. 1989. Fumigation and Controlled Atmosphere Storage of Grains. Proceedings of an international conference held at Singapore, 14-18 February. Canberra, Australia, 301 p.

EUGENE, J.J. 1989. Sécurité incendie des séchoirs. Journées nationales d'Information sur le Séchage de Grains. Perspectives Agricoles, Hors Serie, Juillet-Août: 84-90. ITCF, France

GAUTHIER, X., NIQUET, G. y POICHOTTE, J.L. 1989. Critères de choix pour l'équipement d'un centre moderne de séchage. Perspectives Agricoles, N° Hors Serie, Juillet-Août: 2840. ITCF, France

LE BRAS, A. 1984. Qualité amidonnée du maïs. Perspectives Agricoles, N° 78, Février: 53. ITCF, France, 11 p.

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

Capitulo IX - Secado de diversos granos

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiete ▶](#)

1. Trigo

A diferencia del maíz, el trigo rara vez se cosecha a humedades superiores al 20%. Esto se debe a varias razones; en primer lugar es un cereal que se recolecta en pleno verano, con altas temperaturas ambiente, de manera que el secado natural en planta es muy rápido; en segundo lugar, como es perjudicado por un secado artificial de elevadas temperaturas en la secadora, se trata entonces de cosecharlo más seco.

Hace unos años, cuando el doble cultivo de trigo-soja se había extendido en buena parte del área agrícola, se intensificó una tendencia a cosechar más húmedo el trigo para poder sembrar temprano la soja en el mismo lote. Como habla poca experiencia en el secado de trigo, se emplearon las mismas temperaturas que en el maíz, lo cual trajo aparejado un deterioro notable en la calidad de ese grano, que

ocasiona grandes quejas por parte de la industria molinera y panadera.

Afortunadamente, la intensa campaña iniciada para evitar este problema, y la disminución del área sembrada con el doble cultivo, han reducido mucho las preocupaciones, y se tiene, hoy en día, una mayor atención en el secado del trigo.

El hecho de disminuir pocos puntos de humedad en el secado de este grano ocasiona un aumento del caudal de grano dentro de la máquina casi dos veces superior al del maíz, detalle que debe ser considerado en los equipos de movimiento del cereal antes y después de la secadora, y en el tiempo disponible para el enfriamiento, que puede ser insuficiente.

Estas son buenas razones para rebajar las temperaturas de secado, de manera que pueda crecer el tiempo de residencia dentro de la secadora, como ya se ha explicado en el Capítulo IV-7.

Se debe considerar, además, que normalmente el caudal de aire para secar maíz puede ser excesivo para el caso del trigo, en las secadoras de flujo mixto, por el peligro de arrojar semillas hacia el exterior.

Como la mayor parte del trigo está destinada a la industria molinera y panadera, se

conocen diversos parámetros que permiten evaluar la calidad de una partida de este cereal. La bibliografía existente sobre los efectos del secado artificial en la calidad del trigo es muy abundante, y ampliamente conocida.

Como norma general aceptada, en la mayoría de los países se ha establecido una temperatura máxima del aire de secado de 90°C. A estos valores el grano de trigo no superará los 50-60°C de temperatura y mantendrá una calidad aceptable para la industria.

Según otros autores, la sensibilidad del trigo a las altas temperaturas de secado es función del contenido de proteínas. Cuanto mayor es su contenido de proteínas, es. En Canadá, con trigos de 16% de proteínas, fijan un límite de 50°C a dichas temperaturas. Con respecto al grano, no debiera superar los 45°C.

Este hecho de reducir la temperatura del aire de secado a UD grano que ingresa con poca humedad, conduce a un consumo específico de energía mayor que en el caso del maíz, que puede situarse entre valores de 1 500 a 2 000 kcal/kg de agua evaporada.

Las determinaciones más corrientes para evaluar la calidad de una partida de trigo son el alveograma y el volumen de pan (para la calidad panadera) y las pruebas de

Hagberg (para cuantificar factores físico-químicos).

Las características de la masa, el valor de la fuerza panadera W y el volumen de panificación se mantienen estables hasta una temperatura de secado de 80°C. A partir de 100°C el valor panadero se degrada, el gluten se desnaturaliza en parte y este fenómeno repercute sobre el amasado y, por supuesto, sobre el aspecto interior y exterior del pan. A partir de los 120°C, el trigo es inapto para la panificación.

P. Berhaut (1989) aconseja que los trigos blandos cosechados húmedos (más de 18%) deben ser secados a temperaturas no superiores a 90°C. Los trigos casi secos (15 a 16%) para ser llevados a 14% requieren una temperatura inferior a 80°C. Estos trigos casi secos que se sobresecan a propósito a 10-12% para futuras mezclas con trigos húmedos, no deben ser secados a temperaturas mayores a 60°C.

Experiencias llevadas a cabo por Tos et al (1986) indican que trigos con 31% de humedad inicial, no deben superar los 58°C de temperatura del grano, para no ver comprometida su calidad; trigos cosechados a 26%, no debieran superar los 62°C, mientras que los trigos con 21 y 17% de humedad inicial, pueden soportar temperaturas de 66°C y 70°C, respectivamente.

2. Soja

El grano de soja es muy higroscópico y absorbe humedad y pierde humedad con mayor facilidad que otros granos. Es posible que en horas de la mañana, un grano ya maduro y ano en la planta de soja en pie, tenga 18% de humedad, pero a las dos de la tarde, la misma haya bajado a 12%. Si cae una lluvia o en la mañana siguiente con niebla, recuperar la humedad anterior.

Por esta razón, y por ofrecer menor resistencia al paso del aire, el secado de soja es más rápido que en el caso del maíz.

En las secadoras comerciales corrientes no se aconseja emplear temperaturas de secado mayores de 80°C. Valores superiores a este ocasionan una serie de daños, en particular:

- Desprendimiento de cascara
- Mucha soja partida

Este deterioro es provocado, principalmente por secar granos a menos de 12% de contenido de humedad. Ensayos realizados en INTA Pergamino (de Dios, 1989) han demostrado que soja secada a 11,5% ha alcanzado porcentajes de partido (grano

partido por la mitad en sus dos cotiledones) de un 10% cuando era destinada a la exportación. Se calcula que un 5% lo participa a la operación de la cosechadora, un 2% el secado y el resto el manipuleo posterior del grano. Si se secaba a 14%, estos porcentajes se reducen en buena proporción.

El exceso de cascara suelta no es un problema en algunos países, como Estados Unidos, donde la soja se descascara antes de su industrialización en los molinos aceiteros. Tampoco un porcentaje de soja partida resulta ser un problema grave para dicha industria, si la soja es procesada al poco tiempo de su cosecha.

El problema se agrava cuando debe ser almacenada por periodos prolongados, pues soja con altos porcentajes de grano partido y cascara está más expuesta a los problemas de acidificación y deterioro mayor. En estos casos la calidad del aceite obtenido desmejora en forma notable.

Otros inconvenientes observados por secados inadecuados es la reducción del peso hectométrico y la destrucción de un cierto contenido de lisina. Sin embargo, no se afecta mayormente el contenido total de aceite y proteína del grano.

Como se dijo, la velocidad del secado artificial es mayor que en maíz, por lo cual no resulta oneroso emplear una temperatura del aire de secado bastante inferior, por

ejemplo, menos de 80°C.

Este grano se presta también para utilizar el método de seca-aireación.

La soja, igualmente, puede ser secada con aire caliente en silos secadores. Esta práctica es común en Estados Unidos, empleando silos secadores de fondo perforado (ver Figura 62). Los productores suelen cosechar con humedades del 16-18% para reducir así las pérdidas de cosecha por desgrane. Luego secan a temperaturas inferiores a 50°C en dichos silos; reducen de esta forma la humedad de 16 a 12% en sólo 45 minutos.

Del mismo modo se puede secar con aire natural, pero requiriendo mayores caudales de aire, de hasta 100 m³ por hora y m³ de grano, valores que exigen altas potencias de ventiladores. Se puede demorar en estos casos unas dos semanas.

Este tipo de secado puede producir una soja de excelente calidad, casi sin rotura de cáscara ni partido. Se ha comprobado que la rotura de cáscara está directamente relacionada con la humedad relativa del aire de secado y con la humedad inicial del grano. En las secadoras comerciales tipo torre la humedad relativa del aire de secado es muy baja, del orden del 1 al 3%, lo cual origina mucha rotura de cáscara y partido. En cambio con secado natural o a baja temperatura es posible tener aire con 30 - 40%

de humedad relativa, que no causa dicho deterioro.

Se aconsejan las siguientes humedades relativas mínimas para diferentes humedades iniciales del grano y para secado a baja temperatura:

15% de Hi	19% de HR
20% de Hi	25% de HR
24% de Hi	35% de HR

Las secadoras comerciales tipo torre, empleando temperaturas de unos 80°C, pueden aumentar el porcentaje de soja rota y partida en un 10%, el daño de tegumento en un 23 %, reducir el peso hectométrico en 1 kg/hl aproximadamente y el poder germinativo en un 30%.

Hay que tener presente que la soja suele sufrir un proceso ulterior de secado, generalmente previo a la industrialización, o a su empleo como alimento animal, proceso que se conoce como "tostado", y que se realiza en hornos especiales.

Este tostado tiene como finalidad la de destruir por calor algunas enzimas, como la lipoxigenasa que produce un desagradable sabor a "vaina", o para destruir un

inhibidor de tripsina, que la hace indigestible para animales monogástricos (aves). El tratamiento requiere temperaturas de 370°C por un minuto, o un hora a 120°C.

3. Sorgo

La mayoría de los sorgos graníferos se caracterizan porque cuando la panoja ya está madura y sus granos casi secos, el resto de la planta (hoja y tallos) se encuentra todavía verde. De esta forma, al cosecharse las panojas, queda en pie un rastrojo abundante muy apto para pastoreo posterior de los vacunos. Esta propiedad causa algunos problemas en la cosecha mecánica ya que la cosechadora incorpora con las panojas cortadas una buena cantidad de material verde. Este material verde resiente el funcionamiento de los órganos de trilla y limpieza, lo que puede ocasionar mayores pérdidas de granos por la cola de la cosechadora y mayor suciedad en las entregas. Pero también las hojas verdes pueden rehumedecer los granos, que suelen salir de la cosechadora con dos puntos más de humedad que los granos todavía en las plantas en pie.

Cuando la cosecha se hace más temprano aún, los granos pueden llegar a los centros

de acopio con humedades entre 20 y 30%, lo que obliga al secado artificial.

El secado del sorgo es algo más dificultoso que el del maíz por el menor tamaño del grano, que ofrece una mayor resistencia al paso del aire; por lo tanto, el rendimiento de las secadoras es menor con el sorgo.

Además, siendo el sorgo un cereal de menor precio que el maíz, el costo del secado artificial resulta proporcionalmente más elevado y puede llevarse una buena parte de las ganancias del productor.

Es común, observar en las zonas productoras de este cereal grandes montones a la intemperie. Esto no significa siempre que falta espacio de almacenamiento, sino que se reserva el espacio para otro grano más peligroso de conservar. En muchas regiones argentinas coinciden el maíz y el sorgo, y se le da prioridad al primero.

Los sorgos de nuestro país suelen tener altos contenidos de tanino, sustancia que actúa en cierta forma como preservativo, pudiendo este grano aguantar al aire libre lo que no podría hacer otro cereal.

En general, se emplean las mismas temperaturas del aire de secado que se aplican al maíz.

4. Cebada cervecera

Se cosecha casi siempre seca, con 12 a 12,5% de humedad, pues si se recolectara con mayor humedad, al ser sometida a secado artificial, podría perder parte de su poder germinativo. Para la producción de cerveza es fundamental que el grano conserve casi todo el vigor del germen, pues este será el encargado de producir la malta al germinar bajo ciertas condiciones de humedad y temperatura.

Si se seca con temperaturas superiores a 38°C se puede matar a gran parte de los germenos, hecho que reduce notablemente su capacidad cervecera.

Se dice que la cebada cervecera debe ser secada en las mismas condiciones que si se seca semilla para la siembra. Es posible secarla con aireación, si tuviera no más de 2 a 3 puntos por encima de los valores mencionados arriba, pero siempre que se cuente con un sistema racionalmente diseñado para ello.

En la práctica, se han obtenido buenos resultados empleando una secadora comercial tipo torre con los ventiladores en funcionamiento pero sin encender los quemadores. Como la cebada cervecera se cosecha a mediados de noviembre bajo las condiciones

de Argentina, el aire ya adquiere una buena temperatura, que le da un poder secante satisfactorio, sobre todo en horas de la tarde. Hay que evitar emplear aire que tenga más de 55% de humedad relativa.

5. Girasol

Es posible cosechar el girasol con contenidos de humedad del grano de hasta 25%, con la cosechadora automotriz. La cosecha mecánica con humedades mayores del 25% puede alterar en gran proporción su poder germinativo, lo que es muy importante en la producción de semilla.

Cuando se cosechan mecánicamente girasoles con alta humedad, los granos de la tolva de la máquina pueden tener de 3 a 5 puntos más de humedad que los granos cosechados a mano del mismo campo, debido a la elevada proporción de agua tienen los receptáculos de los granos y que se incorpora a los granos durante la trilla.

Sin embargo, como recomendación general, puede aconsejarse no cosechar a humedades superiores al 17%, para reducir los riesgos y costos del secado artificial. En muchas de nuestras áreas productoras es posible esperar hasta 14%, sé que ello

signifique una cosecha demorada. Pero, la mayoría de los productores cosechan con contenidos acuosos de alrededor del 11%, que es la base de la comercialización.

En el capítulo, no todas las semillas maduran simultáneamente; los aquenios exteriores maduran antes que los del centro. Por ello, al considerar el estado de madurez o de humedad hay que observar el estado de los granos intermedios de cada capítulo.

La limpieza del girasol antes de su ingreso a la secadora es una práctica totalmente recomendable para eliminar todos los cuerpos extraños y basuras. Este proceso no solo permite mejorar la eficiencia del secado sino que reduce también los peligros de incendio a que está expuesta esta oleaginosa. Además la eliminación de esas impurezas facilita una mejor conservación posterior de los granos en los almacenamientos.

El grano de girasol no es difícil de secar, desde el punto de vista térmico. El secado es más rápido comparado con otros granos, debido a la baja densidad del producto y a que las cantidades de agua a evaporar no son muy grandes.

Es posible que un girasol de 12% de humedad, secado con aire a 70°C de temperatura alcance una humedad del 496 en solo una hora de permanecer en la

secadora. Entonces se aconseja emplear temperaturas de secado más bajas, alrededor de 60°C, que permitirán un ahorro de combustible, un mejor control de las humedades de salida, y un reducido peligro de incendio. La experiencia señala que al ingresar el grano a la sección de enfriamiento de la secadora con un porcentaje de humedad superior al 25% de la humedad deseada, el proceso se completa durante ese periodo de enfriamiento.

El revenido del grano también es más notable en girasol que en otros granos, por la diferencia de humedad que puede haber entre cáscara y pepita. Las lecturas de humedad por los métodos rápidos pueden dar valores menores de 2 y 3 puntos cuando se miden al salir de la secadora, en relación a una lectura realizada al día siguiente.

Las secadoras continuas se adaptan bien a este grano, siempre que se tengan en cuenta las recomendaciones que se expresan más adelante, pues existen problemas de otro tipo.

En primer lugar hay que destacar que el girasol recién cosechado se autocalienta rápidamente, con mayor rapidez cuanto más húmedo está. Esto significa un desmejoramiento evidente de la calidad, que origina hidrólisis del aceite y de fosfolípidos, así como una notable producción de acidez.

Estas razones exigen que los girasoles que tengan más del 11% de humedad deben ser secados lo más pronto posible, situación que obliga a tener una capacidad de secado adecuada a ello.

En el caso de partidas húmedas que deban esperar para su secado, tendrán que ser conservadas en silos con una aireación reforzada que funcione continuamente, sobre todo en horas nocturnas, de más bajas temperaturas. Los caudales específicos para esta aireación no deberán ser menores de 30 m³/hora y por m³ de grano.

Es posible también secar girasol con aire natural con humedades no superiores a 16-17%, en un proceso mucho más lento.

Si se emplea el sistema de seca-aireación el grano puede ser extraído de la secadora con 14-15% de humedad; las temperaturas del aire serán similares a las recomendadas, o levemente mayores.

Los incendios en las secadoras con girasol no siempre son debidos a la temperatura de secado, sino más bien a la limpieza de la máquina. Las secadoras de caballetes son las más propensas a estos peligros, pero con una buena prelimpieza del grano y una limpieza periódica de los caballetes, los problemas prácticamente desaparecen. Lo que debe evitarse es la acumulación de material en algunos puntos de la máquina,

de donde van a iniciarse los focos de incendio.

Cuando se va a secar girasol, conviene ventilar la secadora unos minutos antes de prender los quemadores, para eliminar basura.

La temperatura del aire de secado y el tiempo de secado no influyen en forma considerable en la calidad industrial de la semilla de girasol, siempre que DO supere los valores normalmente empleados en las secadoras de granos en estas condiciones (80-90°C). Pero por los peligros de incendio ya mencionados, comúnmente se emplean temperaturas del aire no mayores de 75°C y a menos.

Si bien la tolerancia en la comercialización es de un 11 % de contenido de humedad, ese porcentaje no resulta totalmente seguro para almacenamientos prolongados, de suerte que es aconsejable reducir ese valor a 8-9%.

Las secadoras no deben descascarar ni dañar el grano de girasol, en forma particular si después se va a almacenar por un determinado periodo. También se debe evitar que los gases de combustión contaminen a los granos con benzopireno y otros compuestos indeseables.

Vranceanu et al (1977) dice que el girasol con 17-18% de humedad se puede secar con

aire a 60°C a caudales de 3 000 m³/hora y por m³ de grano, durante un periodo de 107 minutos. Girasol con 14-15% de humedad se puede secar con aire a 75°C, caudales de 3 800 m³/hora y por m³, en solo 20 minutos.

Los incendios se producen más frecuentemente en aros húmedos que en aros normales, porque ingresa más cantidad de impurezas gruesas (hojas, tallos, basura) las que deberían ser eliminadas antes del secado con una prelimpieza, como se ha expresado. Estas impurezas, al ser incluidas dentro de la máquina, causan atascamientos en las columnas o en los caballetes, donde pueden iniciarse los siniestros.

El fuego se propaga rápidamente en esos lugares, pues las materias vegetales se secan excesivamente y se inflaman con el gran aporte de oxígeno por acción de los ventiladores; generalmente, la causa inicial es una partícula incandescente proveniente de los generadores de aire caliente.

Una situación peligrosa se produce cuando los ventiladores aspiran aire exterior con delgados hilos y fibras que flotan alrededor de la secadora y que provienen de las mismas semillas de girasol. Lo adecuado sería que las tomas de aire estuvieran enfrentadas con la dirección de los vientos predominantes, lo cual no es simple factible en secadoras estacionarias.

En el caso del girasol es en especial peligroso un almacenamiento previo prolongado o inadecuado, antes de secar, con granos húmedos, pues la mercadería puede sufrir un proceso de fermentación que libera ácidos grasos volátiles fácilmente inflamables.

Ante un principio de incendio, debe procederse así:

- 1. Apagar los quemadores y detener los ventiladores**
- 2. Utilizar agua para apagar el fuego o emplear un extinguidor**
- 3. Vaciar y limpiar la secadora**

Las secadoras que trabajan con girasol deberían poseer dispositivos de tipo persiana, cerramientos o cortinas que obturen las entradas de aire a nivel de los ventiladores, a fin de evitar el efecto de "chimenea" que agrava el desarrollo del incendio.

6. Colza

Debido a su pequeño tamaño y alto contenido de aceite, adquiere temperatura muy rápidamente cuando está almacenada, por lo cual debe ser conservada a

humedades no superiores al 9%.

Como es un cultivo de maduración dispereja, al hacerse cosecha directa pueden presentarse partidas sucias y desuniformes, con semillas verdes y otras maduras. Más aconsejable es la cosecha por corte e hilerado, que permite reducir las pérdidas de recolección y obtener mejor. calidad de grano, aun cuando el costo de cosecha sea algo mayor.

Las temperaturas del aire de secado no debieran ser mayores de 70-80°C, para no disminuir la calidad del aceite.

Las secadoras comerciales, de columnas o de caballetes tienen serios problemas para secar calza. Las de columnas, porque el diámetro de agujeros de paredes es grande. Las de caballetes, porque el caudal de aire expulsa las semillas.

Las de columnas se pueden usar si se reducen las perforaciones por medio de mallas de alambre muy cerradas que cubran las paredes de las columnas. Corrientemente se emplean secadoras de menor tamaño.

Por su pequeñez la calza ofrece mucha mayor resistencia al paso del aire que los demás casales y oleaginosas, de manera que la aireación debe ser mucho mas

potente ya sea para mantenimiento en los silos, o para secado con aire natural o levemente calentado, que también suele utilizarse. En estos casos se necesita un caudal de alrededor de 100% superior al del maíz.

Las secadoras de cascadas se prestan más favorablemente para el secado de este tipo de semillas.

7. Arroz

Se tratará aquí solamente el secado de arroz en secadoras comerciales. Otros métodos, como el secado al sol, o el secado en sacos, o en secadoras simples, que son muy usados en muchos países productores de arroz, no se analizan en esta obra.

La mayoría de las secadoras continuas de este grano se basa en el diseño desarrollado en la Universidad del Estado de Louisiana hacia 1955, que es una secadora de caballetes en tandas que trabaja en conjunción con silos de "tempering". El grano es pasado dos o más veces por la secadora, hasta alcanzar el porcentaje de humedad requerido (Tumaming, 1987).

En cada pasada el grano es expuesto al aire caliente por 15 a 30 minutos, con una remoción de humedad de 1 a 3 puntos. Entre pasadas, el grano es reposado en silos de "tempering" entre 4 y 24 horas para igualar humedades y evitar tensiones.

En todas las circunstancias las temperaturas del aire de secado son inferiores a 60°C.

Estos cuidados deben extremarse porque el arroz sobrelleva un proceso posterior en los molinos arroceros, los que exigen una alta calidad industrial de la mercadería.

Más recientemente se han difundido las secadoras en tandas con recirculación, como la que se observa en la Figura 55, muy aptas para este grano.

También se emplean secadoras horizontales de lecho fijo o lecho fluidizado. En los últimos tiempos se están ensayando otros métodos y equipos de secado de arroz (Tumanbing, 1987) (Driscoll and Adamczak, 1987).

Debe mencionarse igualmente que el sistema de seca-aireación puede aplicarse al arroz, siempre que se respeten las temperaturas máximas.

8. Secado de semillas

Como el fin primordial de la producción de semillas es mantener su poder germinativo, cuando es necesario secarlas, la temperatura máxima permisible para la mayoría de las especies es de 40°C.

Por ello, la regulación de la temperatura en la secadora es muy importante, recomendándose que en la mayoría de los casos, la temperatura del aire de secado esté por debajo de los 60°C.

El mejor método para secar semillas es el aire natural. Lo recomendable son silos no mayores de 300 t con piso totalmente perforado, equipados con un sistema de aireación reforzada que suministre un caudal unitario de 3 a 5 m³ por minuto y por tonelada, el cual es tres a cuatro veces mayor que para seca-aireación.

Es recomendable que la semilla no tenga más del 20% de humedad ya que bajo estas condiciones el secado puede demorar varias días. El secado debe completarse antes del almacenaje definitivo. Se aconseja conectar los ventiladores continuamente una vez que esté cubierto de grano el fondo del silo. Los ventiladores tienen que funcionar día y noche, hasta que esté seca la semilla que se encuentra en la última capa superior.

En estos silos es factible acelerar el proceso de secado si el aire se calienta unos grados, colocando algún sistema de calentamiento en el ventilador, o por medio de la energía solar.

9. Comparación entre maíz, trigo y arroz

Se ha mencionado ya que existe diferencia en la velocidad y facilidad de secado entre distintos granos. Una experiencia realizada por Bakker-Arkema et al (1987) demostró que, a igualdad de condiciones de trabajo, el trigo produce una capacidad de secado 23% mayor que el maíz y 1596 mayor que el arroz.

Igualmente el consumo específico de energía fue mejor en el trigo (700 kcal/kg) que en arroz (980 kcal/kg) y que en maíz (1168 kcal/kg). Estas pruebas fueron realizadas en una secadora de flujo concurrente.

Bibliografía

BAKKER-ARKEMA, F.W., MAIER, D.E. y SCHISLER, I.P. 1987. Drying rates and drying capacities of different seed grains. Drying Technology, 5 (4), 527-540

BERHAUT, P. 1989. Séchage et qualité du blé tendre, du blé dur et du pois. Journées nationales d'information sur le séchage des grains en organisme collecteur. Perspectives Agricoles, Horsk serie, Juillet-Aout: 5664. ITCF, France

de DIOS, C.A. 1989. La calidad del grano de soja en Argentina. IV Conferencia Mundial de Investigación en Soja, 5-9 de marzo de 1989, Buenos Aires, Argentina. Tomo IV: 1987-1991.

de DIOS, C.A. 1990. Manejo postcosecha de girasol. Boletín de Divulgación Técnica N°84. Estación Experimental Pergamino INTA, agosto. 16 p.

DRISCOLL, R.H. y ADAMCZAK, T. 1987. Drying systems for the humid tropics. Proceedings of an International Workshop held at Kuala Lumpur, Malaysia, October 1987. 58-68 p. ACIAR Proceedings No. 22.

TOSI, E., RE, E.D., TAPIZ, L.M. y MASCIARELLI, R. 1986. Influencia de la temperatura final del grano, tiempo de residencia e intensidad de secado en la modificación de la calidad panadera. I Congreso Nacional de Trigo, Pergamino, 6-10 octubre. Capítulo II:

1-6.

TUMAMBING, J.A. 1987. Current drying practicas and needs in ASEAN. Proceedings of an international workshop held at Kuala Lumpur, Malaysia, October 1987: 48-57. ACIAR Proceeding N^o 22

VRANCEANU, A. et al 1977. El Girasol. Mundi Prensa, Madrid, Espa^a. 379 p.

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiete▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Capitulo X - Calidad de granos

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiete▶](#)

1. El concepto de calidad

El conocimiento o la determinaci^on de la calidad de los granos est^o relacionado con

el uso final de los mismos. Las exigencias de calidad que demandan las distintas aplicaciones que pueden tener los granos son muy diferentes. No es lo mismo la calidad demandada de un grano de maíz destinado a semilla que uno reservado para forraje.

Es sabido que los granos reservados para ser empleados como semilla deben ser los de más alta calidad, entendiéndose en este caso su poder germinativo como el índice ideal de su medición. En una escala descendente se ubican los granos destinados a la molienda para alimentación humana, como puede ser la panificación y la producción de galletitas y fideos, así como elaboraciones especiales como la maltería y la preparación del arroz. En un escalón algo más bajo se encuentran algunas industrias procesadoras, como la molienda seca y húmeda del maíz, la industria aceitera y otras. Y en una categoría inferior pueden encontrarse los granos para ser utilizados en la alimentación animal.

El deterioro de la calidad de los granos cuando son sometidos a secados severos ha sido una preocupación de todos los sectores interesados. El problema era serio porque se presentaban aspectos antinómicos, pues si se intentaba mantener una buena calidad se reducía la capacidad de producción de las secadoras y viceversa.

Afortunadamente, los adelantos introducidos en el diseño de estas máquinas y la adopción de métodos de secado más racionales han permitido mejorar ambos

factores en una proporci3n m3s que satisfactoria.

Pero, sin embargo, existe todav3a una situaci3n que no favorece, como fuera de desear, la mejor utilizaci3n de todo el arsenal de innovaciones y recomendaciones destinadas a perfeccionar el secado de los granos. Se quiere significar que todav3a no hay suficientes alicientes para que todos aquellos que manejan granos se convenzan de la necesidad de evitar el da3o a los granos y mantener una alta calidad. Los adelantos tecnol3gicos que se aceptan son s3lo aquellos que mejoran el rendimiento de los equipos y reducen los costos.

Si no se establecen premios o bonificaciones para quienes entreguen mercader3as buena calidad, entonces ser3n muy pocos los que se preocupen por ello.

En la mayor parte de las transacciones comerciales se privilegia el concepto de "cantidad", en lugar de "calidad", porque ello juega un papel importante desde el punto de vista econ3mico.

El concepto de calidad se manifiesta en la comercializaci3n de algunos cultivos, como girasol por ejemplo, donde el contenido de aceite constituye un rubro muy importante para fijar el precio. Pero en la mayor3a de los granos no existen est3mulos de esa naturaleza.

El trigo es un caso particular. Su utilización está íntimamente relacionada con la panificación, de manera que hay un factor de calidad de gran trascendencia para la producción de harinas. En la mayoría de los países europeos, Canadá y Australia, el trigo se clasifica por su calidad, ya sea por contenido de proteína, gluten o por parámetros de molienda y panificación, separándose así las partidas en depósitos diferentes.

Es que la demanda industrial se ha hecho muy selectiva, para diferentes usos, y está dispuesta a abonar precios diferenciales para mercaderías que necesita.

En nuestro país el trigo en general se almacena sin una separación por calidad excepto casos de arreglos especiales entre productores y molineros. Gran parte de la producción triguera, entonces, es una mezcla de variedades con un promedio general de peso hectolétrico, proteína, cuerpos extraños y propiedades molineras. Esta calidad media no es mala en particular, pero no podemos satisfacer con ella las necesidades de esos mercados cada vez más especializados por tipos o calidades definidas.

Con el maíz sucede algo similar. Tradicionalmente el maíz argentino "colorado duro", conocido como "plata", ha tenido una amplia aceptación internacional por su dureza, color, valor nutritivo y otras características. Pero el mejoramiento genético,

con el objetivo de aumentar los rendimientos en kg por hectárea, le han incorporado algunas características de los maíces dentados, con lo cual se ha logrado este objetivo, a costa de perder una parte de su calidad natural.

Entonces, hoy en el mercado argentino se presenta una gran variedad entre los distintos cultivares sembrados. Están los más duros (muy carneos), los carneos, los semicarnos, los dentados harinosos y algunos tipos de menor importancia.

Sin embargo, esa diferenciación, que es fundamental para los usos actuales del maíz, no es aprovechada pues se mezclan todos los tipos, particularmente los carneos y semicarnos (también conocidos como "semidentados") y a veces con los dentados.

Las industrias pretenden partidas uniformes de grano, homogéneas en tipo, temario, color, propiedades intrínsecas, etc. Las mezclas no les permiten regular correctamente sus molinos y sus equipos, y reducen los rendimientos industriales.

Estamos convencidos de que el sistema argentino de acopio y comercialización deberá adaptarse tarde o temprano a estas tendencias, ofreciendo partidas de grano uniformes, de alta calidad. En el futuro va a ser muy difícil competir con "cantidad" de grano en los mercados internacionales, por lo que se deberá hacer con "calidad".

El manejo postcosecha de los granos es motivo de modificaciones en la calidad de los mismos, y el secado artificial está considerado como uno de los principales causantes de ese deterioro. Pero este problema no es tan preocupante bajo las condiciones de Argentina porque casi un 40% del maíz se cosecha seco. Si se separaran racionalmente los lotes de maíz que ingresan al acopio naturalmente secos, se pueden almacenar en forma separada y tener muy buena calidad. Actualmente, vuelven a tener una buena demanda mundial los maíces tipo "flint" o "plata", particularmente si son secados en forma natural y si el porcentaje de fisurado o cuarteado es bajo.

En otros depósitos se almacena el maíz secado adecuadamente y cuya humedad inicial no supere el 18%, que mantendrá todavía una buena calidad y una buena aptitud para las industrias de la molienda seca y húmeda.

Los maíces que ingresaron muy húmedos a la secadora, y que fueron secados con severidad, podrán integrar otra categoría de calidad, inferior por supuesto, que puede tener su uso como alimento forrajero.

Los maíces dentados quedarán incluidos en un tipo especial, como ya sucede en la actualidad, pues son aptos para la industria de la molienda húmeda.

En definitiva, será el mercado quien fijará las distintas clasificaciones o categorías de maces, cuyos precios tendrán sus correspondientes diferencias. Pero para ello, el sistema argentino de acopio y comercialización, deberá estar suficientemente prevenido y preparado.

2. El peso hectométrico y otras mediciones

Desde 1991 la Junta Nacional de Granos incorporó a los estándares o bases de comercialización del maíz, la determinación del peso hectométrico. Esta disposición oficial ha ocasionado una serie de discusiones y quejas entre los sectores interesados, ya que causa algunas modificaciones a prácticas arraigadas.

Sin embargo, la inclusión del peso hectométrico es una medida que consideramos racional, porque ha demostrado ser un parámetro muy significativo para señalar la calidad del maíz (de Dios, 1987).

Los maces secados correctamente, los maces bien almacenados y conservados, tienen un peso hectométrico superior a los maces secados con violencia o almacenados en forma poco satisfactoria. Del mismo modo, las partidas cosechadas

muy húmedas, tienen un peso hectométrico más reducido.

Con todo ello, se tiende a dar mayor aliciente a los que se preocupan por mantener la calidad del grano, ya sea cosechando con menor humedad, ya sea manejando correctamente el grano en los procesos del acopio, ya sea produciendo variedades de buena calidad genética, como son los excelentes variedades que han destacado siempre en Argentina.

Otras mediciones que resultan muy apropiadas para evaluar la calidad de este grano son el test de flotación, la densidad real, la dureza, la relación de molienda, la susceptibilidad a la rotura, y otras más (de Dios et al, 1990).

En el Capítulo IX al referirse al secado de otros granos, se mencionan distintas mediciones o ensayos que se emplean con los mismos fines.

Durante el desarrollo de los diferentes capítulos de esta obra se han citado ya diversos problemas de calidad de granos, de suerte que en esta parte se hará referencia a los que no han sido incluidos hasta ahora.

3. Daños de secado

Son de distinta naturaleza y gravedad, y como se ha expresado en reiteradas ocasiones, dependen de la severidad con que se realiza el proceso, y del diseño de la secadora, amén de otros factores ya mencionados.

Los daños pueden clasificarse en:

- Daños visuales
- Daños económicos
- Daños industriales

Los daños visuales son diversos, como:

- Decoloración de los granos
- Oscurecimiento de los granos
- Cuarteado o fisurado

La decoloración es más evidente en algunos granos, como el maíz, y más en los híbridos colorados que en los dentados; la disminución del color no es evidente si se compara la coloración del mismo grano antes de ser secado. Sin embargo, hay que

destacar que la pérdida de color puede ser más acentuada luego de un prolongado periodo de almacenamiento.

Los granos oscuros (de un color pardo) se producen por haber permanecido durante un tiempo bastante largo en algún lugar de la secadora, sobre todo en zonas donde pueden quedar atascados.

4. Cuarteado o fisurado

Este problema consiste en la aparición de fisuras o planos de clivaje en el interior de los granos debidos a procesos de transferencia de calor y humedad.

Este fenómeno es notable en granos de maíz y de arroz, menos común en el sorgo y de poca o nula importancia en otros granos.

En el caso del maíz se pueden observar visualmente por transparencia por una fuente de luz. Unos dispositivos simples, llamados disfanoscopios, permiten ver con facilidad dichos planos. Pero también se notan fácilmente a simple vista.

Estos planos significan que el grano está casi partido en su interior, pero no se disgrega porque lo sostiene el pericarpio. Cuando este grano es sometido a diversos movimientos, como transporte por elevadores, "redlers", roscas, o por caída libre de grandes alturas, se produce un alto porcentaje de rotura. Cuanto mayor sea el porcentaje de granos cuarteados, mayor será la proporción que se rompa.

Para maíz dentado amarillo, Paulsen y Hill (1985) han encontrado la siguiente relación entre el porcentaje de cuarteado y la susceptibilidad a la rotura:

$$Y = 12,66 + 0,203 SC$$

donde Y = susceptibilidad a la rotura, en %

SC = porcentaje de cuarteado

Los datos se expresan para una humedad del grano de 14,5%

Gunasekaran et al (1985) encontraron que las fisuras en maces dentados tienen un ancho entre 35 y 90 micrones, mientras que la profundidad de las mismas se hallaba entre 1,5 a 2 mm, o sea alrededor de la mitad del espesor del grano.

Son varias las causas que ocasionan este deterioro. La principal de ellas es el secado

artificial de los granos, como ya se ha mencionado. Cuando este secado se hace a altas temperaturas del aire de secado, o cuando termina con bajas humedades del grano, o cuando el proceso es muy rápido, el porcentaje de fisurado aumenta considerablemente.

Experiencias llevadas a cabo por Marsans (1984) han probado que la humedad final es un factor decisivo en la formación de fisuras. Cuanto menor sea la humedad final a que es llevado el grano en la secadora, mayor es el porcentaje de granos fisurados.

Un momento grave es cuando el grano deja la parte de aire caliente e ingresa en la parte de enfriamiento. Esa brusca diferencia de temperaturas es la causante de una parte del problema.

Si el grano se deja reposar unas horas antes de comenzar el enfriamiento, por ejemplo, empleando seca-aireación, las tensiones serán mucho menores y el fisurado se reducirá en gran proporción.

Algunas partidas de granos secadas severamente pueden tener el 100% de los granos fisurados. En nuestro país es posible tener un promedio de 60% de granos cuarteados del total de la producción nacional de maíz.

Ensayos realizados por Gauchat et al (1980) en secadoras de columnas han probado que los granos fisurados están siempre más secos que los sanos; para obtener fisurados de poca magnitud recomiendan temperaturas de 45°C del aire caliente. Si la humedad final se detiene a 15-16%, el grano presenta mayor resistencia para fisurarse y puede elevarse la temperatura hasta 60°C.

Los mismos autores informan que disminuyendo el tiempo de permanencia a no más de 45 minutos, el cuarteado se reduce grandemente. Si fuera necesario reducir más la humedad final, el proceso deberá hacerse en dos etapas: la primera con temperatura de 60°C y la segunda con 45°C.

Otra causa de fisurado de mucha menor magnitud, se observa en los granos de punta de espigas de maíz en plantas en pie en el campo. Generalmente, cuando el grano ya está maduro en la mazorca, la chala se abre en la punta y los granos allí quedan expuestos a la humedad de la noche y al calor del día, diferencias que provocan tensiones y el respectivo fisurado que no suele pasar del 2-3%.

Cuando el grano es cosechado, el cilindro trillador de la cosechadora golpea a algunos granos los que también se fisuran por impacto, sin romperse, pero no supera un total del 5-6%.

Aun granos de maíz cosechados manualmente, si son posteriormente humedecidos por alguna causa (por ejemplo sumergidos en agua por varias horas), al secarse posteriormente pueden fisurarse en alta proporción, hasta cerca del 100%.

Se ha podido observar en experiencias realizadas en la Estación Experimental Pergamino que esos planos de fisura suelen coincidir con los planos de separación entre los endospermas córneo y harinoso de los granos de maíz. Los granos donde predomina el endosperma córneo ("flint") son más propensos a este cuarteado.

Según experiencias de Sarwar (1989), las fisuras que se originan en el maíz son causadas más por una ganancia o pérdida rápida de humedad que por una diferencia excesiva de temperatura. De acuerdo a este mismo autor, las fisuras se producen durante un proceso de absorción de humedad, pero cuando se seca artificialmente, las fisuras se originan posteriormente al proceso de secado. Probablemente esta comprobación indicaría que el cuarteado se produce por el revenido de la humedad luego del secado más que por las temperaturas caliente y fría de la secadora.

5. Datos económicos

Pueden ser los siguientes:

- **Sobresecado, que ya se trató en el Capítulo 1-9**
- **Mayor predisposición a la rotura. Los granos severamente secados, como ya se ha expresado, se rompen con más facilidad, aumentando los porcentajes de residuos que eliminan las limpiadoras.**
- **Mayor predisposición al ataque de hongos e insectos. Un secado violento produce, generalmente, la muerte de la mayoría de los granos, es decir, se disminuye casi totalmente el poder germinativo. En mediciones realizadas en el INTA Pergamino (de Dios y Puig, 1976) se han encontrado partidas de granos secados con menos de 10% de poder germinativo, y algunas con cero por ciento. Los granos muertos son más propensos, entonces, a ser atacados por hongos e insectos.**

6. Daños industriales

El deterioro que sufren los granos y que afectan los procesos industriales ya se han tratado al mencionar el secado del trigo, arroz, soja y girasol (Capítulo IX). Ahora se

har referencia al maz.

Sobre la molienda hmeda: los granos cuarteados producen un porcentaje de rotura elevado que se traduce por pérdida de solubles y de almidn durante el remojo.

El oscurecimiento de los granos se debe esencialmente a la reaccin de Maillard, que asocia los azcares libres con ciertos aminoacidos, y que es favorecida por altas temperaturas, cuando la humedad disminuye. Estos granos oscuros son un signo de una profunda deteriorizacin de la calidad.

El germen de grano, rico en aceite, secado a elevada temperatura, puede perder una parte del aceite que se difunde en el endosperma. Posteriormente el rendimiento en aceite ser menor y el almidn quedar con un porcentaje de materia grasa mayor de lo permitido.

Al mismo tiempo se degradan las proteas, que aumentan su densidad, y aprisionan fuertemente a los grnulos de almidn. Por esta razn luego de la separacin del almidn del gluten se hace ms dificultosa durante la maceracin. A su vez el almidn disminuye su densidad. Al igualarse las densidades del almidn y de las proteas (gluten), resulta difcil separar arabas fracciones, que es un paso fundamental en la molienda hmeda.

Para una calidad satisfactoria para este proceso industrial se requiere:

- **Temperaturas del aire de secado no superiores a 100°C. Sin embargo, esos valores son variables dependiendo del diseño de la secadora, de las condiciones de la temporada, del tipo de grano, etc.**
- **Caudales de aire no excesivos.**
- **Métodos de secado aconsejados: seca-aireación, y secado en dos pasadas.**
- **Cosecha de maíz a humedades no superiores a 20%.**
- **Reducir al mínimo el período de prealmacenamiento antes de secar.**

Para determinar el grado de deterioro que ha experimentado el maíz a causa del secado artificial y que afecta a la industria mencionada, en Francia llevan a cabo dos análisis (Le Bras, 1989): el test de turbidez y el test de sedimentación. El primero permite estimar con rapidez la cantidad de proteínas termosensibles desnaturalizadas por el secado. El test de sedimentación pone en evidencia, por decantación natural, las dificultades de separación del almidón que pueden aparecer en un maíz secado a alta temperatura.

Con respecto a la molienda seca del maíz, los granos mal secados reducen el rendimiento y el tamaño adecuado de los "grits" (trozos), muy empleados en la

elaboración de alimentos para desayuno. Igualmente resulta difícil en las sémolas o harinas de maíz eliminar parte de las fracciones grasas, que desmejoran su calidad. Esto último es particularmente importante en los "grits" que se usan en la producción de cerveza.

7. Efecto sobre los alimentos balanceados

El secado artificial en general, no tiene una gran incidencia sobre el valor nutricional de los granos para alimentación animal. Puede decirse que DO afecta mayormente los contenidos de proteína, materias grasas y otros constituyentes, siempre que las temperaturas de secado o los tiempos de permanencia en la secadora no sean desmesuradamente elevados. Pueden, eso sí, aparecer algunas deficiencias en ciertos aminoácidos esenciales, como lisina (que se trata por separado) o en ciertas vitaminas, pero en la producción de alimentos balanceados, estas carencias pueden resolverse con la adición de otros cereales, subproductos e ingredientes.

Sin embargo, muchos fabricantes de alimentos balanceados manifiestan que esa incorporación de elementos faltantes les significa un costo adicional importante y

que desde el punto de vista económico es preferible disponer de cereales de alta calidad.

8. Pérdida de lisina

La lisina es un aminoácido importante en la alimentación animal, en particular para los monogástricos (cerdos y aves). Diversos ensayos realizados, entre otros por Melhauer et al (1976) y por Borrás et al (1988) demuestran que se puede perder más del 10% del total de la lisina disponible y que la causa principal sería un prolongado tiempo de permanencia del grano a altas temperaturas de secado. Si el grano alcanza temperaturas cercanas a 120°C, pero por menos de 10 minutos, la pérdida sería inferior a 10%; pero a temperaturas de grados menores, por ejemplo 80°C, si el tiempo se prolonga dos o más horas, la pérdida de lisina puede ser aún más alta.

9. Peso hectométrico

El secado artificial siempre produce una reducción del peso hectométrico del maíz, y de otros granos. En el caso del maíz, las partidas secadas en secadoras comerciales (de Dios, 1987) alcanzaron valores máximos de 77 kg/hl, mientras que los mismos maíces secados naturalmente llegaban hasta 81 kg/hl, siempre ambos grupos llevados a 14% de humedad.

10. Contaminación de los granos

El proceso de secado puede originar ciertas contaminaciones en los granos cuando los generadores de calor no trabajan correctamente. Si los quemadores están bien diseñados y regulados, dichas contaminaciones son casi imperceptibles en el sistema de combustión directa. En caso contrario se pueden producir las siguientes:

- Por gotitas de combustible, por mala combustión, que conduce también a olores indeseables.**
- Por compuestos orgánicos, como el benzopireno, o por compuestos inorgánicos, como restos de arsénico, plomo, cadmio, cromo, mercurio, o derivados como nitratos y nitritos. El benzopireno es un hidrocarburo**

aromático policíclico que, según constancias médicas, puede causar problemas cancerígenos.

- Por óxidos de azufre, los cuales si bien no afectan a los granos, pueden corroer las partes metálicas de las secadoras, sobre todo en la parte superior de las mismas, donde hay abundancia de humedad, lo que facilita la producción de ácidos corrosivos. Este problema no es tan serio en las condiciones argentinas pues los combustibles líquidos que se utilizan tienen bajos contenidos de azufre.

Otra contaminación peligrosa son las micotoxinas producidas por los hongos, pero este tipo de problema no se origina en el secado, sino principalmente por el prealmacenamiento de granos húmedos. El secado destruye los hongos, pero no elimina las micotoxinas, que pueden permanecer en los granos. Sin embargo, al secar los granos se impide que se sigan formando.

Otros tipos de contaminaciones en los granos son los residuos de plaguicidas o pesticidas, en particular los compuestos clorados, que han sido explícitamente prohibidos en la mayoría de los países. Estos residuos no se originan por acción del secado, sino durante los trabajos de producción en las fincas rurales, o en la lucha contra los insectos de los granos almacenados.

En un trabajo publicado por Mwaura et al (1983) se describen las técnicas para la determinación de los diferentes contaminantes producidos durante el secado de los granos con diferentes biomásas, y un diseño de un horno especial para reducirlos.

11. Temperaturas máximas

En Estados Unidos (MWPS-13, 1987) se recomiendan las siguientes temperaturas máximas del aire de secado:

- Para semilla	43°C
- Cebada cervecera (en secadoras continuas)	49 a 54°C
- Legumbres comestibles	38°C
- Soja (en secadoras continuas)	60°C
- Soja (en silo secador)	43°C
- Trigo, centeno, avena, para molienda:	
en secadoras continuas	71°C

en silo secador	49 C
- Maíz (secadoras continuas o en tandas)	93 a 104 C
con seca-aireación	116 a 121 C
secadoras continuas de flujo concurrente	121 a 149 C

Bibliografía

BORRAS, F., GINER, S. y ROBUTTI, J.L. 1988. Influencia del secado sobre la disponibilidad de lisina en maíz. In: IV Congreso Nacional de Maíz, Pergamino, Argentina, nov. IV: I a 5.

de DIOS, C.A. 1987. El peso hectométrico del grano (maíz). Carpeta de Producción Vegetal, INTA Pergamino, tomo VIII, 2 p.

de DIOS, C.A. y PUIG, R.C. 1976. Deterioro de la calidad de la producción maicera durante la cosecha y el procesamiento de los granos. Primer Premio Graduados en el 4º Certamen de la Bolsa de Comercio de Rosario, 16 p.

de DIOS, C.A., PUIG, R.C. y RO BUTTI, J.L. 1990. Caracterización de la calidad del maíz argentino. Informe Técnico N°241. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino, agosto. 12 p.

FOSTER, G.H. 1975. Causes and cures of physical damage to corn. Corn Quality in World Markets: 221-229. Ed. Interstate Printers & Publ., Danville, Illinois, U.S.A.

GAUCHAT, J.M., FERAUDO, H.P. y NEME, S.N. 1980. Influencia de la temperatura, cantidad de aire y tiempo de exposición sobre el fisurado producido en el grano de maíz por el secado artificial. n Congreso Nacional de Maíz, AIANBA, Pergamino, octubre: 347-351.

GUNASEKARAN, S., DESHPANDE, S.S., PAULSEN, M.R. and SHOVE, G.C. 1985. Size characterization of stress cracks in corn kernels. Transaction of the ASAE 28 (5): 1668-1672.

LE BRAS, A. 1989. Influence des conditions de séchage sur la qualité amidonnière du maïs. Journées nationales d'information sur le séchage des grains. Perspectives Agricoles, Hors serie, Juillet-Août: 42-54. ITCF, France.

MARSANS, G. 1984. Sistemas o métodos de secado no convencional propuestos para

una mejor tecnología. Jornadas de Secado y Aireación de Granos. Bolsa de Cereales de Buenos Aires, Dic. 5-30.

MUHLBAUER, W., HUSS, W., KUPPINGER, H. 1976. Rapid colorimetric method for detecting protein damage in drying maize kernels at high air temperatures. Grundl. Landtechnik, 26 (4): 128-134.

MWAURA, E.N., BAKKER-ARKEMA, F.W., VAN EE, G.R., BRASELTON, W.E., y KALCHIK, S.J. 1983. Grain contamination in drying by direct biomass heating. ASAE Paper 83-3512. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 8 p.

MWPS. 1987. Grain drying, handling and storage handbook. MWPS-13, second edition, Iowa State University, Ames, Iowa.

PAULSEN, M.R. y HILL, L.D. 1985. Corn quality factors affecting dry milling performance. Journal Agric. Eng. Res. 31: 255-263.

SARWAR, G. y KUNZE, O.R. 1989. Relative humidity increases that cause stress cracks in corn. Transactions of the ASAE, Vol 32 (5): 1737-1743.

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

Capitulo XI - Costos de secado

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

1. Rubros

En este capitulo se expondrá la metodología para calcular el costo del secado. Como el costo por quintal o por tonelada es un dato muy particular, es decir, que hay variaciones importantes del mismo entre cada productor, acoplador, cooperativa y otras entidades, cada usuario deber hacer su respectivo cálculo.

El costo del secado se encuentra influido principalmente por la capacidad de la planta, el volumen anual de secado y el grado de eficiencia de la operación. Por estas razones se deduce que en la práctica deben haber tantos costos como plantas de acopio hay en la actualidad.

El aumento considerable del precio del combustible ha incidido en forma primordial

en los últimos tiempos en el costo del secado, por lo que resulta muy necesario efectuar cálculos correctos para la buena administración de la empresa.

Los rubros integrantes de este costo son los siguientes:

Gastos fijos. Son aquellos que existen, se use o no la secadora, y se calculan anualmente.

- Amortización (A)
- Interés (I)
- Seguros (S)
- Mano de obra permanente (Mo)

Gastos variables. Son aquellos que son proporcionales a la cantidad de horas que trabaja por año la secadora.

- Combustible (C)
- Electricidad (E)
- Reparaciones y conservación (Rep)
- Mano de obra adicional (Mea)
- Gastos de administración (Ga)

2. Gastos fijos

a) **Amortización:** Consiste en separar anualmente una cantidad de dinero para que, al final de la vida útil de la secadora, se pueda disponer de un capital necesario para adquirir una máquina nueva.

Se calcula de esta forma:

$$A (\$/\text{año}) = \frac{V_n - V_r}{\text{Vida útil}}$$

Donde:

V_n : Valor de la máquina nueva, en el momento de calcular el costo

V_r : Valor residual. Es el valor que le queda a la secadora luego de su vida útil (10%)

La vida útil de una secadora se puede expresar en años o en horas totales. Para este cálculo es conveniente emplear la vida útil en años. Lo más común es calcular una

vida útil de 15 años. En una planta de gran volumen de actividad se puede reducir la vida útil a 10 años.

b) Interés: Se calcula sobre un promedio del valor de la secadora durante toda su vida útil.

$$\text{Valor promedio} = [V_n - V_r] / 2$$

La tasa de interés a usar dependerá de los valores de las instituciones bancarias, si es que la máquina se adquirió con un crédito. Si no fuera así, se recomienda emplear una tasa anual del 10%.

$$I (\$/año) = 10\% \text{ de } [V_n - V_r] / 2$$

Además de la amortización e interés de la secadora propiamente dicha, se deben agregar los costos de la noria elevadora que alimenta exclusivamente a la secadora, y los correspondientes al silo o silos de granos húmedos (si ellos fueran usados). En un proceso como este último hay que añadir el costo de otra noria, encargada de llenar los silos de húmedo. Si se trabajara sin interrupción, es posible que se requiera una tercera noria para llevar el grano seco de la secadora a los silos de almacenamiento definitivo. Sin embargo, el costo de esta última no debiera incluirse, pues representa

el ingreso normal de grano seco a la planta (Figura 88).

Figura 88. Pasos necesarios para el secado de granos

Paso 1. Recepción a silo húmedo (Noria I)

Paso 2. Silo húmedo a secadora (Noria II)

Paso 3. Secadora a silo almacenamiento (Noria I)

La vida útil de norias y otros equipos de movimiento se establece en 10 años. Para silos metálicos, 20 años.

c) Seguros:

Generalmente, las secadoras se aseguran contra incendio, lo que en promedio representa una prima anual del 1 % del valor a nuevo.

d) M. obra permanente:

Este rubro está referido al sueldo mensual más los servicios sociales, de todo el año, del encargado de la secadora más un ayudante fijo, si hubiera. Si en la época de secado se contrata uno o más ayudantes extras, los gastos de éstos no son gastos fijos, sino que se incluyen en los gastos variables, como se verá más adelante.

Los costos sociales pueden tomarse como un 70% de los salarios pagados y se calculan también por hora.

e) Impuestos:

Para los costos de secado solamente, no debieran incluirse los impuestos que paga la planta de acopio, pues se refieren a todo el proceso de manejo postcosecha.

3. Datos necesarios

Antes de continuar con el desarrollo del costo es necesario conocer cuáles son los datos que debe preparar el usuario para efectuar los cálculos respectivos con correcta exactitud. Para ello se requiere que lleve un registro adecuado de la siguiente información:

- Cantidad de horas de trabajo anual de la secadora (uso anual)**
- Cantidad de grano que fue secado (en toneladas o quintales de grano seco)**
- Consumo de combustible, en litros consumidos en todo el año por 1;**

secadora

- El consumo de electricidad se puede calcular como se indica en el Capítulo III-11. En este rubro hay que añadir el consumo de la noria o norias respectivas, o de otro tipo de transportador utilizado
- También es recomendable que se lleve una contabilidad de las reparaciones y gastos de mantenimiento de la secadora y equipo conexo.

4. Gastos variables

a) Combustible:

Conociendo el consumo anual de combustible y las horas trabajadas por la secadora, es simple calcular el consumo expresado en litros/hora

$$C(1/h) = \frac{\text{Consumo anual}}{\text{Horas trabajadas}}$$

Multiplicando este consumo por el precio del combustible, se obtiene el gasto

promedio en \$/hora.

$$l/h \times \$/1 = \$/hora$$

b) Electricidad:

Como no es fácil desglosar el consumo propio de la secadora del consumo total de electricidad de la planta de acoplo, este puede ser calculado por medio de la potencia de los motores.

Debe sumarse la potencia de todos los motores eléctricos que posea la secadora, en CV y luego transformarlos en kilowats.

$$\text{Total CV} \div 0,736 = \text{Total kw}$$

Por cada hora de trabajo el consumo será de tantos kwhora. Como el consumo se paga por cada kw/h consumido, el gasto por hora será:

$$\text{Kw hora} \div \$/\text{kw hora} = \$/\text{hora}$$

Igualmente hay que agregar la potencia de los motores de la noria o norias (u otros elementos de transporte) empleadas, como se mencionó con anterioridad.

c) Reparaciones y mantenimiento:

Si se ha llevado un registro de las reparaciones y gastos de conservación, es sencillo el cálculo de este rubro. El costo por hora se conocerá dividiendo el monto total de las reparaciones por la cantidad de horas de uso anual (Ua) de la secadora.

$$\text{Rep} = \frac{\text{Monto total}}{Ua} = \$/\text{hora}$$

Este costo incluye lubricación, repuestos, mantenimiento, etc., excepto energía. También se incluye la mano de obra necesaria, siempre que no sea el personal permanente o transitorio, que se calcula por separado.

Si no se llevara registro de reparaciones se pueden calcular aplicando un coeficiente establecido por diversos autores, que da directamente el costo horario:

$$\text{Rep} = 0,00001 \times \text{punto humedad} \times Vn$$

Otro cálculo de Rep se basa en un tercio del gasto horario de la amortización, cálculo que da un valor levemente superior al anterior.

El costo horario de Rep de cada noria se obtiene con el siguiente coeficiente:

Rep noria = 0,00005 de Vn

Se considera que si la vida útil a usarse en los cálculos es menor de 10 años, este rubro de reparaciones y mantenimiento no debiera ser incluido, pues el monto anual destinado a la amortización sería bastante más elevado y puede contener estos gastos.

Mano obra adicional:

Como se dijo al tratar la mano de obra permanente, es la que se contrata temporariamente para trabajar en apoyo de las tareas de secado. Si este personal realizara además otros trabajos, su costo debería reducirse a la mitad. Se calcula el costo por hora y se agregan los costos sociales (si hubiera).

Gastos de administración:

Se puede calcular "a grosso modo" en un 20% de los gastos de mano de obra permanente.

Mermas:

Las mermas o pérdidas por rotura de granos, sobresecado, ataque de insectos u

hongos, polvo y basura, no debieran incluirse en el costo del secado, sino en el costo del acoplo total.

5. Ejemplo de cálculo (mayo 1992)

Sea una secadora con estas características:

Capacidad	: 40 t/h (17 a 13,5% de humedad)
Valor inicial (vn)	: \$60 000 (puesta en planta)
Uso anual	: 750 horas
Valor residual (Vr)	: \$6 000
Vida útil	: 15 años
Interés	: 10% anual
Seguro	: \$500 por año
Sueldo encargado	: \$500 mensuales
Sueldo ayudante	: \$300 mensuales

Grano a secar	: maíz
Potencia de motores	: 80 CV
Consumo	: 6 litros/t (gasoil)

A. Gastos fijos:

Amortización:

$$A = \frac{\$60\,000 - \$6\,000}{15 \text{ años}} = \$3\,600 / \text{año}$$

Intereses:

$$I = \frac{\$60\,000 - \$6\,000}{2} \times 0,10 = \$2\,700 / \text{año}$$

Seguro:

$$S = \$500 / \text{año}$$

Mano de obra permanente:

Encargado: \$500 x 12 meses + 70% = \$10 200/año

Ayudante: \$ 300 x 12 meses + 70% = \$ 6 120/año

p

Total \$16 320/año

Total gastos fijos:

A = \$ 3 600

I = \$ 2 700

S = \$ 500

Mo = \$16 320

\$23 120/año

Costo de gastos fijos por hora:

\$23 120 / 750 h = \$30,8/hora

B. Gastos variables:**Combustible:**

$$C = 6 \text{ l/t} \times 40 \text{ t/h} = 240 \text{ l/hora}$$

$$240 \text{ l/h} \times \$0,33511 \text{ gasoil} = \$80,4/\text{hora}$$

Electricidad:

$$E = 80 \text{ CV} \times 0,736 = 58,9 \text{ kw hora}$$

$$58,9 \text{ kwh} \times \$0,30/\text{kwh} = \$17,671\text{hora}$$

Reparaciones y mantenimiento:

$$\text{Rep} = 0,000035 \times \$60\ 000 = \$2,10/\text{hora}$$

Gastos de administración:

$$G_a = \frac{0,20 \times 16\ 320}{750 \text{ h}} = \$4,35 / \text{hora}$$

Total gastos variables:

C = \$ 80,40/hora

E = \$ 17,67/hora

Rep = \$ 2,10/hora

Ga = \$ 4.35/hora

\$ 104,52/hora

C. Costo total secadora:

Gastos fijos \$ 30,80/hora

Gastos variables \$ 104.52/hora

Total \$135,32/hora

D. Costo de la noria elevadora y equipo:

Noria de 50 t/h con altura de 25 m (se necesitan dos).

Valor : \$15 000 c/u

Total : \$30 000

Un silo para grano hmedo, 200 t : \$10 000

Una tolva de 20 t : \$10000

Total estimado : \$50 000

Amortizaci3n:

$$\frac{\$50\,000 - \$5\,000}{15 \text{ a\u00f1os}} = \$3\,000 / \text{a\u00f1o}$$

Inter3s:

$$0,1 \times \frac{\$50\,000 - \$5\,000}{2} = \$2\,250 / \text{a\u00f1o}$$

Total gastos fijos:

$$\$3\,000 + 2\,250 = \$5\,250 / \text{a\u00f1o}$$

$$\$5\,250 / \text{a\u00f1o} / 750 \text{ h/a\u00f1o} = \$7,00 / \text{hora}$$

Electricidad:

Potencia consumida:

$$12 \text{ CV por noria} = 24 \text{ CV}$$

$$24 \text{ CV} \times 0,736 = 17,6 \text{ kwh}$$

$$17,6 \text{ kwh} \times \$0,30/\text{kwh} = \$5,28/\text{hora}$$

Reparaciones y mantenimiento:

$$0,00005 \times \$30 \text{ 000} = \$ 1,5/\text{hora}$$

Total gastos variables:

$$\$ 5,28 + \$ 1,50 = \$6,78/\text{hora}$$

Costo total norias y equipo:

$$\$ 7,00 + \$ 6,78 = \$13,78/\text{hora}$$

E. Costo total de secado:

Costo secadora \$135,32/hora

Costo norias y equipo \$ 13.78/hora

total \$149,10/hora

Costo por tonelada:

\$149,10/hora / 40 t/hora = \$3,73 por t

Costo por quintal: \$0,373 por q

Si el uso anual de la secadora fuera mayor, por ejemplo, 1 000 horas, y se mantuvieran iguales todos los otros datos, el costo por tonelada se reduciría a un 7%, lo que demuestra la ventaja de un mayor empleo de la secadora.

En el ejemplo anterior, el costo del combustible (Gasoil) represento el 54% del costo total, mientras que si se incluye la electricidad, el consumo de energia representa un 69% del costo total.

Bibliografía

FRANK, R.G. 1987. Costos de procedimiento y almacenaje de granos: metodología de los cultivos. Cátedra de Administración Rural, Facultad de Agronomía de Buenos Aires. 24 p.

ITCF. 1986. Guide pratique. Le Séchage des Grains. Mars: 61-70. Paris, France.

MARSANS, G.J. y GARCIA, L. Costo del secado de granos. Junta Nacional de Granos, Inédito. 17 p.

Capítulo XII - Evaluación de secadoras

1. Introducción

Existen dos formas de evaluar el comportamiento de las secadoras. La primera consiste en la realización de ensayos técnicos bajo normas o reglamentos

previamente reconocidos, a fin de que los resultados así obtenidos permitan realizar comparaciones válidas. Varias instituciones oficiales y privadas en algunos países tienen protocolos para ensayos de secadoras (ver bibliografía: IRAM - ASAE - AFNOR).

Los institutos más conocidos que llevan a cabo estos ensayos son:

- Prairie Agricultural Machinery Institute. P.O. Box 1900. Humboldt, Saskatchewan, Canada S0K 2A0.**
- Institute of Engineering Research, West Park, Silsoe, Bedford. MK45 4HS, Gran Bretaña. Crop Drying & Ventilation Group.**
- CEMAGREF. Centre d'Etudes de Machinisme Agricole. Génie Rurale et Forêts. Parc de Tourvoie, 92160 Antony, Francia.**

Estas pruebas son bastante complejas y de elevado costo, porque tienen estas exigencias:

- Debe montarse expresamente la secadora a ensayar en el instituto o centro de ensayos, o hay que utilizar una máquina ya emplazada en una planta de almacenamiento. En el primer caso existe un costo de instalación, y en el segundo, se presentan los problemas de traslado y gastos de los técnicos encargados de los ensayos y de los instrumentos necesarios.**

- Debe disponerse de una cantidad apreciable de grano húmedo, suponiendo una secadora de 25 t/h y para unas 10 horas de ensayo, se necesitan casi 300 t de grano.

La otra forma es más simple, pero menos confiable, ya que se basa en una serie de datos que suministran los propios fabricantes, en sus manuales o folletos, o los que se adquieren por contactos con usuarios de secadoras.

Con los datos mencionados se elaboran unos fáciles cálculos aritméticos, para obtener algunos de los parámetros ya explicados en capítulos anteriores y que sirve para juzgar el comportamiento de las secadoras.

En el Cuadro 12 se indican las características o parámetros apropiados y forma de calcularlos.

PARAMETRO	CALCULO	UNIDAD
A. Capacidad Nominal (1)	(4)	t/h
B. Diferencia humedades	$H_i - H_f$	puntos
C. Capacidad total	$10 \times A \times B$	qp/h (8)
D. Potencia total	(4)	CV

E. Potencia consumida por t	D/A	CVhora/t
F. Poder de evaporación	$1\ 000 \times A \times \{[N_i - H_f] / [100 - H_f]\}$	kg agua/h
G. Consumo de combustible (5)	(4)	l/h
H. Consumo de combustible (5)	G/A	l/t
I. Consumo específico de energía	$[G \times 8\ 620 (6)] / F$	Kcal/kg agua
J. Volumen de grano (1)	(4)	m ³
B. Tiempo de permanencia (2)	$[J \times 0.76] / A$	h
L. Caudal de aire caliente	(4)	m ³
M. Volumen de cámara de secado	(4)	m ³
N. Volumen de cámara de enfriamiento	(4)	%
O. Porcentaje de enfriamiento	$[100 \times N] / M + N$	
P. Caudal específico de aire caliente	L/M	m ³ / min. m ³
Q. Cantidad de aire caliente	$[L \times 0.052] / A$	kg aire / kg grano
R. Peso de la máquina (7)	(4)	kg

S. Relación peso/capacidad	R/A	kg/t/h
----------------------------	-----	--------

(1) Para m²

(2) Para la capacidad nominal

(3) Calculado

(4) Dato del fabricante

(5) Gasoil

(6) El valor 8 620 surge del producto del poder calorífico del gasoil (10 200 kcal/kg) por densidad del mismo (0,845 kg/l)

(7) Peso de la máquina más peso del grano

(8) Quintales-punto por hora

Cuadro 12. Parámetros de evaluación

Buena parte de dichos parámetros o índices se han analizado ya en los siguientes capítulos:

Capacidad total	: Capítulo IV - 1 y 2
Potencia consumida por t	: Capítulo III 12
Poder de evaporación	: Capítulo IV - 2
Consumo de combustible	: Capítulo III - 9

Consumo específico de energía	: Capítulo III - 2
Tiempo de permanencia	: Capítulo IV - 3
Caudal específico de aire caliente	: Capítulo III - 8
Porcentaje de enfriamiento	: Capítulo IV - 9

Hay que destacar la necesidad de conocer lo más exactamente posible la densidad y el poder calorífico del combustible empleado, por la influencia que tienen estos valores en la fidelidad de muchos de los cálculos mencionados.

Para ejemplificar estos parámetros se ha preparado el Cuadro 13, donde se comparan datos de dos secadoras, una americana y una argentina.

De acuerdo a lo dicho más arriba, los valores expuestos en el cuadro se han obtenido de información de los propios fabricantes, lo cual puede presentar algunas diferencias con datos de otras procedencias. Debe tenerse presente que algunos fabricantes (la mayoría) expresan la capacidad horaria (capacidad nominal) de sus máquinas en toneladas de grano húmedo, mientras que otros la expresan en toneladas de grano seco. Esta disparidad puede explicar en parte las diferencias que puedan cuestionarse.

2. Ensayo de secadoras

Los ensayos técnicos antes mencionados tienen una metodología bastante similar en los distintos países (IRAM - ASAE - AFNOR).

La máquina en ensayo se pone en funcionamiento y se mantiene en trabajo hasta que estén estabilizados todos sus parámetros. En un momento determinado se inicia el ensayo, que consiste en tomar muestras de grano húmedo a la entrada y grano seco a la salida, a intervalos regulares. Como mínimo se aconseja unas 10 muestras de cada uno.

Cada muestra se identifica y se determina su temperatura y humedad.

Durante el ensayo se miden los tiempos empleados, se pesan volúmenes de granos secados, se mide el consumo de combustible y de electricidad, y se registran los datos meteorológicos.

Con toda la información disponible se establecen diversos índices, como los señalados en el tema anterior y otros de diversas características.

Como la preparación de las partidas de grano húmedo para ser empleadas en estos ensayos es muy importante, se recomienda el trabajo de Sokhansanj et al (1980).

En los trabajos de Wassermann et al (1983 y 1984) se describe el programa de ensayos y las instalaciones empleadas en PAMI (de Canadá) para esas pruebas.

Marca y Modelo	Zimmerman EC-1200	Margara 310
Tipo	Columnas (circulares)	D Columnas (rectas)
A. Capacidad Nominal (t/h)	32,4	33,4
B. Diferencia humedades	20 a 15%	20 a 15 %
C. Capacidad total (q.p/h)	1 620	1 670
D. Potencia (CV) (1)	60	65
E. Potencia consumida (CVhora/t)	1,85	1,95
F. Poder de evaporación (Kg agua/h)	1 906	1 965
G. Consumo de combustible (l/h)	226	223
H. Consumo de combustible (l/t) (2)	6,98	6,68

I. Consumo específico de energía (kcal/kg agua)	1 022	978
J. Volumen de grano (m ³)	43	39
K. Tiempo de permanencia (h)		0,89
L. Caudal de aire caliente (m ³ /min)	2 292	2 260
M. Volumen cámara secado (m ³)	30,1	26,0
N. Volumen cámara enfriamiento	12,9	13,0
O. Porcentaje de enfriamiento (%)	30	33,3
P. Caudal específico de aire caliente (m ³ /min.m ³)	76,1	86,9
Q. Cantidad unitaria de aire caliente (kg aire/kg grano)	3,68	3,52

Cuadro 13. Comparación de dos secadoras

(1) Solamente motores de ventiladores

(2) Dato calculado

Si se quiere comparar la prestación de diferentes secadoras, y que esta comparación tenga significado, es necesario trabajar en idénticas condiciones. Como es imposible

conseguir las mismas condiciones de aire y de grano para todas las pruebas, los datos obtenidos en los ensayos (como la capacidad de trabajo y los consumos de energía) deben ser matemáticamente ajustados a condiciones estándar de referencia. Para este ajuste se emplea un análisis de regresión, que permite obtener las ecuaciones necesarias.

De acuerdo al IRAM, se proponen las siguientes condiciones ambientales de referencia, para la Argentina:

Temperatura del aire exterior	20 °C
Presión atmosférica	101,3 KPa
Humedad relativa	70 %

En Canadá (Wassermann et al, 1983) fijan las siguientes condiciones:

Temperatura del aire exterior	10 °C
Presión atmosférica	95 KPa

No especifican humedad relativa, pero sí la temperatura inicial del grano (10 °C) y final (20 °C).

3. Otras determinaciones

a) Eficiencia:

La eficiencia de una secadora ha sido analizada en el Capítulo III - 3. Esta prueba es también interesante realizarla cuando se está llevando a cabo el ensayo de la secadora, por medio de la medición de las temperaturas del aire de secado, del aire usado y del aire ambiente.

b) Calidad de grano:

Los parámetros a medir para evaluar el deterioro o la modificación en la calidad de los granos debido al secado, dependen del tipo de grano. En el Capítulo X ya se han explicado algunas determinaciones necesarias para ese propósito. Las principales mediciones a este respecto son (en relación al maíz):

1. Uniformidad de secado
2. Cuarteado o fisurado
3. Susceptibilidad a la rotura

c) Uniformidad de secado:

En el Capítulo V - 17 se trata la uniformidad de secado y la importancia que tiene en el trabajo de una secadora. Para medir esta uniformidad hay que medir la humedad de granos individuales, luego que han salido de la secadora.

Se debe obtener una muestra a la salida de la secadora en un lugar no muy cercano a la descarga, para conseguir una buena mezcla. La muestra puede tener unos 5 kg, la que debe ser dividida varias veces en un divisor cónico, basta muestras de 100 g. De una de estas pequeñas muestras se separan 100 semillas, las cuales tienen que ser pesadas individualmente en una balanza de alta precisión. Luego se colocan en una estufa especial que tiene pequeñas capsulas para recibir semillas individuales, a fin de que puedan ser individualizadas (Figura 89).

[Figura 89. Estufa multicelular para semillas individuales \(Doc. Chopin\)](#)

Con los datos de las 100 semillas se puede elaborar UD histograma como el de la Figura 90 que representa a una secadora "mediocre", con UD intervalo tipo de 6,2 puntos de humedad (análisis estadístico). La Figura 91 representa una secadora de comportamiento "medio", con un intervalo tipo de 4 puntos de humedad. La Figura 92 muestra una maquina de mucho mejor comportamiento, con un intervalo tipo de solo

2 puntos.

[Figura 90. Secadora mediocre \(Doc. ITCF\)](#)

[Figura 91. Secadora media \(Doc. ITCF\)](#)

[Figura 92. Secadora mejorada \(Doc. ITCF\)](#)

En combinaci3n con un enfriador continuo para seca-aireaci3n, se puede obtener un intervalo tipo de s3lo 0,9 (Figura 93).

[Figura 93. Secadora "toda calor" con enfriador continuo \(Doc. ITCF\)](#)

d) Cuarteado o fisurado Se ha tratado en el Capitulo X -4.

e) Susceptibilidad a la rotura:

Este tema ha sido mencionado tambi3n en el Cap3tulo X - 4. Su determinaci3n se efect3a por medio de un medidor especial, siendo el m3s usado el Stein breakage testar (Miller, B.S. et al, 1981).

4. Investigación en secado de granos

La investigación en estos temas se lleva a cabo en instituciones científicas de diversos países del mundo.

Debido a la dificultad ya expresada de realizar experiencias con equipos comerciales de uso corriente, la mayoría de los investigadores conducen sus trabajos por medio de modelos de simulación aplicados a programas especiales de computación (Parry, 1985), (Bakker-Arkema et al, 1974), (Ospina y Cruz, 1989).

A fin de comprobar los resultados así obtenidos, se conducen también ensayos de laboratorio con secadoras experimentales de reducidas proporciones, con las cuales se experimentan pequeñas cantidades de grano.

Cuando ambos tipos de prueba se realizan con el suficiente rigor científico se ha constatado la buena correlación existente entre los trabajos con modelos y los datos surgidos de dichas secadoras experimentales.

En las Figuras 94 y 95 se presentan diagramas de varias secadoras experimentales.

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">](#)

5. Evaluaci^on del funcionamiento y manejo

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

Adem^os de las determinaciones y mediciones hasta ahora explicadas, se presenta a continuaci^on una serie de observaciones que permiten tener una idea muy acabada de la funcionalidad de la secadora.

[Figura 94. Secadora experimental \(Doc. ITCF\)](#)

[Figura 95. Secadora experimental de laboratorio \(Daudin y Bimbenet, 1982\)](#)

Estas observaciones pueden servir para analizar la aptitud o disposici^on de la m^oquina para:

- regular la velocidad de descarga de granos;
- variar la temperatura del aire de secado y mantenerla estable;

- regular el caudal de aire caliente y frío;
- transformarla a "todo calor";
- modificar o variar el tamaño de la cámara de enfriamiento;
- variar la cantidad de aire recirculado (si tuviera);
- adaptarse a distintos tipos y tamaños de granos;
- medir la temperatura del aire de secado en varias ubicaciones;
- ser puesta a punto;
- mantener estable la temperatura del grano a la salida;
- aumentar su tamaño o su volumen;
- llenar la tolva superior en forma pareja;
- limpiar adecuadamente su interior;
- ser instalada y armada en lugar prefijado, además tiempo y mano de obra necesaria, en horas-hombre;
- ser transportada (si fuera transportable) y
- mantener una razonable seguridad para el trabajo de los operarios.

6. Otros cálculos y observaciones

Son de suma utilidad algunas mediciones como las siguientes:

- Distribución de las temperaturas del aire de secado en toda la altura de la cámara de secado.
- Distribución de las temperaturas del aire de secado en planos horizontales.
- Diferencia entre la temperatura prefijada (o de los termómetros de la máquina) del aire de secado y la temperatura promedio del plenum (medida). Cálculo del respectivo coeficiente de variación.
- Cálculo del máximo caudal de descarga de granos.
- Medición de la presión estática.
- Cantidad de basura o granzas emitidas al exterior.
- Volumen de ruido producido.
- Altura necesaria para cargar la máquina y equipo necesario.
- Ubicación de la fuente de combustible y su conducción a la máquina.
- Determinación del revenido del grano a la salida de la secadora.
- Utilidad y claridad del manual de instrucciones.

Bibliografía

AFNOR. Metodología para el ensayo de secadoras de granos (en francés).

ASAE Standard, ASAE S248.3. Construction and rating of equipment for drying farm crops. ASAE Standards 1988: 320 - 327. St. Joseph, Michigan, U.S.A.

BAKKER-ARKEMA, F.W., LEREW, L.E., DE BOER, S.F. y ROTH, M.C. 1974. Grain dryer simulation. Research Report from Michigan State University. East Lansing, MI. 80 p.

DAUDIN, J.D. y BIMBENET, JJ. 1982. Characteristic drying curve of shelled corn and simulation of a vertical corn drier. Proceedings of the Third International Symposium, Vol. I. Drying Research Limited, Wolverhampton. England. 10 p.

FORTES, M. y OKOS, M.R. 1981. Non-equilibrium thermodynamics approach to heat and mass transfer in corn kernels. Transactions of the ASAE: 761-769.

IRAM. Normas N° 8028 y 8029: Métodos de ensayo de secadoras.

MILLER, B.S., HUGHES, J.W., ROUSSER, R. y POMERANZ, Y. 1981. Measuring the breakage susceptibility of shelled corn. Cereal Foods World 26 (2): 75 - 80.

PARRY, J.L. 1985. Mathematical modelling and computer simulation of heat and mass transfer in agricultural grain drying: a review. Journal of Agric. Engineering Research,

32: 1 - 29. London, England.

OSPINA, J.E. y CRUZ, N. 1989. Simulación matemática del proceso de secado de granos. Revista Latinoamericana ACOGRANOS, Año 5, No 6, 14 22. Bogotá Colombia

SOKHANSANJ, S., ULLYOTT, T.E., KENT, M.D., MACAULAC, J.D. NYBOR&, E.O., y WASSERMANN, J.D. 1980. Preparation and conditioning of grain for drying tests. ASAE Paper No 80-3514. St. Joseph Michigan, U.S.A.

WASSERMANN, J.D., STOCK, W.F., FREHLICH, G.E., LISCHYNSKI D.E. 1984. Heated air grain dryer performance. Canadian Society of Agricultural Engineering, paper 84-211. Winnipeg, Canada.

WASSERMANN, J.D., FREHLICH, G.E., BARTEL, R.M. 1983. Performance testing of grain dryers. ASAE Paper No 83-3509. St. Joseph, Michigan, U.S.A.

Anexo 1 - Simbolos

A	Amortizaci ^o n
C	Combustibles
CV	Caballo-vapor
C02	Anh ^o drido carb ^o nico
cas Q	Coseno Q
Δt	Delta t (diferencia de temperaturas)
dB	Decibel
E	Electricidad
Ga	Gastos de administraci ^o n
Hh	Contenido de humedad, base h ^o meda
Hs	Contenido de humedad, base seca
HR	Humedad relativa
Hi	Humedad inicial
Hf	Humedad final
Ha	Humedad actual
Hb	Humedad requerida

h	Hora
h	Altura
l	Inter \diamond s
Mo	Mano de obra
PH	Peso hectol \diamond trico
p	Profundidad
P	Potencia
Pd	Presi \diamond n din \diamond mica
Pt	Presi \diamond n est \diamond tica
Qh	Cantidad o peso de grano h \diamond medo
Qs	Cantidad o peso de grano seco
Q	Caudal
Qa	Cantidad de agua
rpm	Revoluciones por minuto
Rep	Reparaciones y mantenimiento
s	Segundo

S	Seguros
SO2	Anhidrido sulfuroso
Tas	Temperatura del aire de secado
Tau	Temperatura del aire usado
Taa	Temperatura del aire ambiente
Tasw	Temperatura de bulbo húmedo del aire de secado
Ts	Ver "Tau"
Th	Temperatura de bulbo húmedo del aire usado
Tg	Temperatura de gases
Ta	Ver "Taa"
tp	Tiempo de permanencia
t	Tiempo
t	Tonelada
Ua	Uso anual
v	Velocidad

vs	Velocidad de secado
Vn	Valor a nuevo
Vr	Valor residual
wb	Base h _{meda}

Anexo 2 - Abreviaturas

ACIAR Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.

ACOGRANOS Asociación Colombiana de Postcosecha de Granos, Bogotá, Colombia.

AGPM Association Generale des Producteurs de Maïs. Francia

AIANBA Asociación de Ingenieros Agrónomos de la Zona Norte de la Provincia de Buenos Aires, Pergamino, Argentina.

APOSGRAN Asociación Argentina de Postcosecha de Granos, Rosario, Argentina.

ASAE Ameritan Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, EE.UU.

CENTREINAR Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, Vicoso, Brasil

CEMAGREF Centre d'Etudes de Machinisme Agricole, Génie Rurale et For ts. Francia.

**CNEEMA Centre d'Etudes et d'Exp rimentation du Machinisme Agricole. Francia
(actualmente CEMAGREF)**

CSIRO Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia.

CTPG Comisión Técnica de Postcosecha de Granos. INTA, Buenos Aires, Argentina.

DAT Dirección de Asesoramiento Técnico, Rosario, Argentina.

Doc Documento.

et al Y otros.

FAO Food and Agricultural Organization.

FFCAC Fédération Française des Coop ratives Agricoles de C r ales. París,

Francia.

FFCG Fédération Française du Commerce des Grains. París, Francia.

GASGA Group for Assistance on Systems relating to Grain after Harvest. Gran Bretaña.

INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.

IRAM Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires, Argentina.

ITCF Institut Technique des Céréales et Fourrages. París, Francia.

JNG Junta Nacional de Granos, Buenos Aires, Argentina.

LP Liquefied petroleum (gas licuado).

MWPS Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames, Iowa, EE.UU.

PAMI Prairie Agricultural Machinery Institute, Canadá.

RF Radiofrecuencia.

s.f. Sin fecha.

SI Sistema Internacional (de unidades).

UTN Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Anexo 3 - Formulas

- Cálculo de peso del grano húmedo conociendo el peso del grano seco:

$$Q_h = Q_s \frac{100 - H_f}{100 - H_i}$$

- Cálculo del peso de grano seco conociendo el peso del grano húmedo:

$$Q_s = Q_h \frac{100 - H_i}{100 - H_f}$$

- **Cálculo del poder de evaporación conociendo el peso de grano húmedo y del grano seco, y el tiempo empleado, en horas:**

$$\frac{Q_h - Q_s}{t} = \text{Kg agua / hora}$$

- **Cálculo del poder de evaporación conociendo el peso de grano húmedo, las humedades inicial y final y el tiempo empleado:**

$$\frac{Q_h}{t} \times \frac{H_i - H_f}{100 - H_f} = \text{kg agua / hora}$$

- **Cálculo del poder de evaporación conociendo el peso del grano seco, las humedades inicial y final y el tiempo empleado:**

$$\frac{Q_s}{t} \times \frac{H_i - H_f}{100 - H_i} = \text{Kg agua / hora}$$

- Cantidad de agua a extraer por q t de grano h_{medo}:

$$Q_a = 100 \frac{H_i - H_f}{100 - H_f} = \%$$

- Cantidad de agua extraída por q t de grano secado:

$$Q_a = 100 \frac{H_i - H_f}{100 - H_i} = \%$$

- Cálculo de la cantidad de agua a agregar para humedecer una tonelada grano:

$$\frac{Hb - Ha}{100 - Hb} \times 100 = \%$$

- Fórmula para calcular la potencia requerida por ventiladores para aireaci

$$Pot = \frac{0,981 \times Q \times Pt \times 1,36}{n} = CV$$

Donde:

Q: caudal (en m³/s)

Pt: presión estática (en mm de agua)

P: rendimiento ventilador (50%)

n: rendimiento del ventilador (50%)

Anexo 4 - Nomina de fabricantes de secadoras

ALEMANIA

- **Buhler-Miag S.c.r.l., D-3300 Braunschweig**
- **Happle Gmbh & Co., Nicolaus-Thoman-Str. 5-7 Postfach 1164, w-7912 Weissenhorn/Bayern**

ARGENTINA

- **Agrimaq I y C., Callen 1666, 3080 Esperanza (Santa Fe)**
- **Cedar S.A., Carlos Casado 1702, 2183 Arequito (Santa Fe)**
- **Cotim S.A., (Pampa 70) H. Yrigoyen 1116 10, 1086 Buenos Aires**
- **Gadar SRL, Av. San Martn 2056, 2183 Arequito (Santa Fe)**
- **Secadoras Iradi S.A., Ruta Nac 8 Km 228, 2700 Pergamino**
- **Margarita S.A., Prol. Av. Massey s/n, 6070 Lincoln**

AUSTRALIA

- **Agridry Rimik Pty. Ltd., 331 Taylor Street, Toowoomba, QLD 4350**

BELGICA

- **Ateliers Albert & Cie. S.A., Rue Riverre, Floreffe 5750**

BRASIL

- Caliver do Brasil Ltda., Rua Arthur Thomas 2838, CEP 86800 Rolândia, Paraná
- Maquina D'Andrea S.A., Av. Souza Queiroz, 267, Limeira, São Paulo CEP 13480
- Kepler Weber S.A., Rua Herrmann Meyer, 43, 98280 Panambi, RS
- Cia Multi Industrial, Rodovia BR-369, km 7, Londrina
- Industrial Pampeiro S.A., Av. Farrapos, 1258, Porto Alegre, RS
- Máquinas Vitória S.A., R. Oito, 2001, 96100 Pelotas, RS
- Industrias Machina Zaccaria S.A., Rua Laranjal, 180, 13480 Limeira, SP
- Casp S.A., Rua Sebastiao Goncalves Cruz, 477, CEP 13900 Amparo- SP

CANADA

- Renn-Vertec, Inc. 5903 51st Ave. Edmonton, Alberta T6E 4WS
- Adams Grain Dryer Co. Ltd., 1944 St. George Ave., Saskatoo, Saskatchewan

COLOMBIA

- EMC Empresa Metalúrgica Colombiana S.A., Carrera 19 N°16-75, Bucaramanga

DINAMARCA

- **Cimbria Unigrain Ltd., DK-7700 Thisted**
- **Kongskilde Maskinfabrik A/S, DK-4180 Soro**
- **Monsun Lacheumeier Maskinfabrik A/S, Grundtvigs Ali 176, DK 6400, Sonderborg**

ESPAÑA

- **Equisa S.A., C/Gral Castaños, 32, 48920 Portugalete (Vizcaya)**
- **Sedeyma S.A., Carretera Santa Bárbara, km 12, Apartado 126, 43870 Amposta**

ESTADOS UNIDOS

- **American Drying Systems, 1135 NW 159th Dr. Miami, Florida 33169**
- **Aeroglide Corporation, Box 1839, Raleigh, North Carolina 27602**
- **DMC David MFG. Co., 1600 12 th St. NE, Mason City, IA 50401**
- **Blount Agri-Products Group, P.O. Box 2106, Grand Island, NE 68802**
- **Berico Behlen Mfg. Co., P.O. Box 569, 4025 E 23rd Street, Columbus, Nebraska 68602-0569**

- **Beard Industries, R.R. 6, Box 19, Frankfort, IN 46041**
- **Campbell Industries, Inc. 3201 Dean Ave., Des Moines, IA 50317**
- **Caldwell Mfg. Co., P.O. Box 338, Kearney, NE 68848**
- **Clayton & Lambert Mfg. Co., Highways 146 & 393 at 1-71, Buckner, Kentucky 40010**
- **Sukup Mfg. Co., Sheffield, Iowa 50475**
- **BELT - O - MATIC B.N.W. Industries, 5654 Pennwall St., Madison, WI 53711**
- **Farm Fans, Inc. (MGR driers), 5900 Elmwood Av. Indianapolis, IN 451B**
- **Geneva Manufacturing, Inc. Box 1087, Alexandria, MN 56308**
- **Grain Systems, Inc. P.O. Box 7, Assumption, IL 62510**
- **GT Gilmore & Tatge Mfg Co. Inc. Caly Center, Kansas 67432**
- **Hart-Carter Co., 1209 W Pioneer Parkway, Peoria, IL 61614**
- **Long Manufacturing N.C. Inc., 1907 N Main St., Tarboro, North Carolina 27886**
- **Mathews Company, 500 Industrial Ave., P.O. Box 70 Crystal Lake, 60014**
- **Moridge Mfg. Co., Box 810 Moundrige, Kansas 67107**
- **Shanzer Grain Dryers, P.O. Box 834, Sioux Falls, South Dakota 57106**
- **Shivers, Inc., 614 W English, Corydon, IA 50060**
- **Zimmermann Equipment Co., 216 Sherman St., Litchfield, IL 62056**
- **QED Dryers Sales and MFG, Inc., 4993 27th Avenue, Rockford, IL 61 109**

FRANCIA

- **Comia-Fao, 27, bd. Chateaubriant, 35500 Vitre**
- **Law, 5 Avenue du Général de Gaulle, 60304 Senlis Cedex**
- **Roulin 80, Route Nationale, 28140 Orgeres en Beauce**
- **Satig, 18, rue Colbert, 21600 Longvic**
- **Sechoirs Omnium, 109, Avenue Galloudec, 45400 Fleury-Les-Aubrais
(ahora, Mulmix Marchetti)**
- **So.co.a, B.P. 64, 17800 Pons**
- **Eurograin, B.P. 158, 28106 Dreux Cedex**

FILIPINAS

- **Ilonggo, Jamandre industrias, Inc., 88 Rizal St., Lapaz, Iloilo City P.O. 409**

GRAN BRETAÑA

- **Ventacrop, Entecon Limited, London Road, Blackwater, Camberley, Surrey
GU17 9AP**
- **Kentra, Kentra Grain Drying Systems Station Road, York, North Yorkshire
YO5 8DQ**

- **CHIEF, Chief Industries, UK, Ltd. Bectingham, Tolleshunt Major, Maldon, Essex CM9 8LZ**
- **The Bentall Group, Industrial Estafe, Dunkirk, Aylsbam, Norfolk NR 11 6SY**
- **John Wilder (Engineering) Ltd., Hithecroft Works, Wallingford, Oxon OX10 9AR**
- **Alvan Blanch Development Co. Ltd., Chelworth, Malmesbury, Wiltshire SN16, 9SG**
- **Law-Denis Engineering Ltd., Lavanham Road, Beeches Industrial Estafe, Yate, Bristol BS17 6AX**
- **Allmet Ltd., Ford House, Richardshaw, Pusey, West Yorkshire LS28 6RZ**
- **Lely (UK), Limited, Station Road, St. Neots, Huntingdon, Cambs. PE19 1QH**
- **Master Driers, Marks Tey, Colchester, Essex C06 IDZ8**
- **Carrier Bulk Materials Handling, East St., Braintree, Essex 6M7 6JL**

HUNGRIA

- **Agrikon, P.O. Box 167, H-1364, Budapest 4**

ITALIA

- **Ballarini Socama S.p.A., Via Cartesio, 2/1, 42040 Reggio Emilia**

- **Scolari, Via Padana Superiore, 178, 25035 Ospitaletto (Brescia)**
- **Mulmix Marchetri (MM Group), Via Longhin, 103, 35128 Padova**

JAPON

- **Kaneko Agricultural Machinery Co. Ltd., 21-10, Nisbi2 chome, Hanyu, Saitama, 348**
- **Cecoco, P.O. Box 8, Ibaraki City, Osaka 567**
- **Satake Engineering Co., 1-19-10 Llenu, Taito-Ku, Tokyo 110**

MEXICO

- **Remo, Refaccionaria de Molinos, S.A., Av. A◊o de Ju◊rez N◊198, 09070 M◊xico, D.F.**

SUECIA

- **AB Akron Maskiner, S 53104 J◊rp◊s**
- **AB Svegma Svenska g◊rdsmaskiner, S 53500 Kv◊num**
- **I.T. Industritjanst Varmland AB, Radiovagen 3, S-135 48 Tyreso**

SUIZA

Anexo 5 - Equivalencias de unidades

1 J (joule)	= 0,240 cal
1 kl	= 0,240 kcal
1 MJ	= 240 kcal= 1.000.000 J
1 GJ	= 109 J
1 cal	= 4,2 J
1 kcal	= 4200 1= 4,2 IU
1 th (thermie)	= 1000 kcal
1 mth	= 1 kcal
1 BTU	= 0,252 kcal
1 BTU/lb	= 0,555 kcal/kg

1 bu	= 35,239 litros
1 Wh	= 3600 J
1 kWh	= 3600000 J=860 kcal
1 CV	= 0,736 kw
1 bar	= 1,02 kg/cm ² = 100000 Pa
1 mm CA	= 1 kg/m ² =9,81 Pa
1 PA	= 0,10 mmCA
1 lb/pulg²	= 0,0703 kg/cm ²
1 cfm	= 0,0283 m ³ /min
1 cfm/bu	= 47,6 m ³ /hora.m ³

Grados Fahrenheit a grados Centígrados:

(°F) (°C)

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5(^{\circ}\text{F} - 32)}{9}$$

Grados Centígrados a grados Fahrenheit

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9 \times ^{\circ}\text{C}}{5} + 32$$

Bibliografía recomendada:

- Hall, C.W. y Mujundar, A. 1983. SI units, conversions, symbols for drying. Drying Technology, Vol. 1 Número 2, 1983-84: 285-298
-

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Anexo 6 - Vocabulario

[Indice](#) - [◀ Precedente](#)

Algunos términos utilizados en esta obra se emplean comúnmente en la Argentina, y

deben ser, entonces, aclarados para su comprensión en otros países.

ACOPIO : Conjunto de procesos de manejo del grano, desde la cosecha hasta su despacho

AFRECHILLO : Salvado de triga

BOLSA : Saco, costal

CABALLETES : Conductos o canales en forma de V invertida en secadoras de flujo mixto

COSECHA FINA : Conjunto de los granos de producción invierno - primavera, como el trigo, avena, cebada, centeno, alpiste, lino y otros similares

COSECHA GRUESA : Conjunto de granos de producción primavera-otoño, como el maíz, soja, sorgo, girasol, maní y otros similares

CUARTEADO : Fisurado o estrellado de un grano (por planos de fisura en su interior)

CHALA : Hojas que cubren la mazorca de maíz

CHOCLO : Mazorca tierna de maíz, para consumo humano directo, también llamado

elote, verde

DESCHALAR : Sacar la chala, o sea las hojas que cubren la mazorca de maiz

ESTIBA : Conjunto de sacos de granos ordenados en ancho, largo y altura; pilada, arrume

FARDO : Paca, material vegetal prensado y atado

MANI : Cacahuate

MARLO : Olote, tusa, parte interna de la mazorca de maiz donde se fijan los granos

NORIA : Elevador de cangilones

PLANTA DE ACOPIO : Lugar de depósito y procesamiento de granos, elevador, planta de silos, almacén rural

POROTO : Frijol, frejol

REDLER : Transportador horizontal de cadenas

REVENIDO : Aumento de la humedad del grano, por transferencia de la mayor humedad interna hacia la superficie del grano

SECA-AIREACION : Dryeration

SILO : Depósito de granos, de estructura metálica o de mampostería o cemento, en el que predomina la altura con respecto a otras dimensiones

TANDA : Cantidad de grano que cabe en secadoras estáticas, por oposición a las continuas

TARIMA : Superficie o base, generalmente de madera, sobre la que se apoya la estiba o arrume

TODO CALOR : Funcionamiento de una secadora de granos solo con aire caliente, sin enfriamiento. Sinónimo: toda en caliente

TRASILE : Trasiego, transporte de grano de un silo a otro.

[Indice](#) - [◀ Precedente](#)