

**MERCOFRIO 2000 – CONGRESO DE AIRE ACONDICIONADO,
REFRIGERACION, ACONDICIONAMIENTO Y VENTILACION DEL MERCOSUR**

**SISTEMA DE CONTROL BASADO EN PC APLICADO
EN OPERACIONES DE POSTCOSECHA**

Dina Crozza – dcrozza@fio.unicen.edu.ar

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería,
Departamento de Ingeniería Química.

Avda. del Valle 5737, (B7400JWI) Olavarría, Argentina

Ana Pagano – apagano@fio.unicen.edu.ar

Resumen. *La adopción por parte de ingenieros y científicos de los sistemas de control basados en PC para en el seguimiento de determinadas variables en sistemas críticos como son los procesos de postcosechas y la optimización de los mismos para la eficiente conservación de los granos, es sumamente útil. El presente trabajo tiene por finalidad mostrar la estrategia utilizada en un sistema de monitoreo, adquisición de datos y control, de relativo bajo costo, en un equipo piloto de secado a bajas temperaturas y la resistencia al flujo de aire –parámetro fundamental al diseñar el soplador para la operación de aireación-de lechos de granos de producción nacional. Siendo éste un procedimiento alternativo tendiente al aseguramiento del desarrollo sustentable. El hardware que integra el sistema de control basado en PC, está compuesto por: silo experimental, sistema de cañerías, soplador, sensores de temperatura, sensores de temperatura-humedad, transductores de presión diferencial, válvulas on-off, válvula de control, clapeta regulable y resistencias calefactoras. Estos módulos de entrada/salida se comunican mediante un software comercial para control basado en PC, el PCRobot, mientras que la adquisición de datos proveniente de los transductores de presión diferencial se realiza a través del software Project, diseñado en la Facultad de Ingeniería.*

Palabras claves: *Simulación en postcosecha, Control en almacenamiento, Secado a baja temperatura*

1. INTRODUCCION

Con la aparición de las computadoras digitales, la teoría y las aplicaciones prácticas de los sistemas de control se vieron ampliamente favorecidas, al punto tal que, junto a las necesidades imperantes en el mercado -en especial a partir de los años '80- surgieron los Sistemas de Control Basado en PC impactando en dos áreas principales: la de procesos continuos y la de manufactura (Bherends & Sklanny,1988; Srzednicki, 1995).

Este tipo de sistemas día a día aumenta su popularidad debido a la amplia capacidad que poseen de absorber una serie importante de actividades, como son: medición, monitoreo, adquisición de datos, el control sobre variables críticas y el accionamiento sobre determinados equipos, todo bajo una altísima velocidad de comunicación (Stephanopoulos, 1984; Luyben, 1989).

Basado en esta premisa, las operaciones de postcosecha, que tan íntimamente relacionadas están con la preservación y seguridad de las condiciones del grano durante el tiempo de almacenamiento, también encuentran en los sistemas digitales una respuesta muy

importante (Pagano & Crozza, 2000a). Las variables operacionales que surgen en un proceso de esta naturaleza como: temperatura, humedad, caída de presión, velocidad del aire, etc., pueden ser normalmente monitoreadas un un sistema basado en microprocesadores.

Entre los procesos característicos de esta actividad se encuentra el secado de los granos cuya función es reducir la actividad acuosa del mismo. Pero, frente a las nuevas imposiciones de la política económica nacional que no solo hacen incapié en la competitividad, sino también en el desarrollo sustentable de sus actividades mediante el uso racional de los recursos naturales y el medio ambiente, es que existe una tendencia a aplicar procedimientos de postcosecha alternativos. El secado a bajas temperaturas o secado en condiciones “cuasi-ambientales”, es uno de ellos porque permite alcanzar óptimas condiciones del grano al más bajo costo y con amplias ventajas respecto al secado convencional (Fraser & Muir, 1981; Kanujoso et.al., 1995, Morey & Cloud, 1988).

En la literatura existen numerosos modelos de simulación que permiten predecir las características de secado a altas y bajas temperaturas, desarrollados para granos como maíz, trigo, cebada; sin embargo no se ha reportado demasiada información para canola. Se han aplicado modelos desarrollados para secado de trigo en condiciones cuasi-ambientales para predecir las velocidades de flujo de aire necesarias para secar canola, pero solo por simulación (Sanderson et.al, 1988,1989).

Y un entendimiento exhaustivo del comportamiento del proceso controlado junto al conocimiento de las características de secado y deterioro de la semilla, así como de información acerca de la resistencia al flujo de aire que ofrecen los granos, son de fundamental importancia para el diseño de un equipo de secado en silo (Fraser & Muir, 1981; Kanujoso et.al., 1995, Morey & Cloud, 1988, Pagano et.al, 1995, 1998a)b); Rohvein et.al, 1999; Crozza et.al, 1999; Pagano et.al, 1999).

El presente trabajo tiene por finalidad mostrar el desarrollo de un trabajo de investigación de Secado a Baja Temperatura empleando un Sistema de Control Basado en PC, de relativo bajo costo: i) en un equipo piloto destinado tanto al estudio en secado a bajas temperaturas, como al de la resistencia al flujo de aire de lechos de granos, y en este caso en particular en canola o colza y ii) las acciones que condujeron a la validación experimental de la evolución de los frentes de secado y enfriamiento, a través del manejo de modelos matemáticos específicos que permiten la estimación teórica de determinados parámetros.

2. ASPECTOS RELEVANTES

2.1. Secado de granos a baja temperatura

Se necesita de un manejo inteligente durante las etapas de postcosecha para un país como Argentina que ha alcanzado a nivel mundial, un lugar importante en calidad de productor de granos. Por esta razón, una de las estrategias podría radicar en buscar objetivos alternativos y que a su vez respondan con los requerimientos ecológicos, competitivos y con amplia flexibilidad. El proceso de secado a baja temperatura o en condiciones “cuasi-ambientales” cumple en parte con estas particularidades, pues básicamente consiste en el secado y ventilación de un lecho de granos estático con aire a temperatura y humedad que son idénticas o muy poco diferentes a las condiciones ambientales, con la posibilidad que varias toneladas de grano puedan ser secadas durante varios días, semanas y hasta meses. La operación de tipo batch de un proceso de secado de esta naturaleza, depende en forma estrecha de las condiciones ambientales (Pagano & Crozza, 2000b).

- Si esta actividad a su vez se ve incrementada con la obtención de información a tiempo real que le permite actuar con celeridad, son varias entonces las ventajas que diferencian

al secado a baja temperatura del convencional (Sanderson et.al, 1988, 1989; Hanser et.al., 1990, Pagano & Crozza, 2000a)b)), a saber:

- el proceso de secado es lento, requiere de 4 a 8 semanas
- el contenido inicial de humedad es limitado, entre 22 a 24%
- el aire forzado que atraviesa el grano requiere velocidades bajas
- el aire empleado no necesita ser sobrecalentado a temperaturas muy por encima de la ambiente
- el secado y el almacenamiento se llevan a cabo en el mismo silo
- se minimiza el manejo de los granos
- se reduce el consumo de energía
- la energía eléctrica empleada depende del contenido inicial de humedad del grano, condiciones climáticas, flujo de aire por tonelada y eficiencia del ventilador
- la calidad final del producto no se altera.

2.2. Ahorro de energía

El secado de granos en condiciones cuasi-ambientales reduce considerablemente el consumo de energía durante la operación de secado. Se ha comprobado que por ejemplo, para secar maíz desde 25.5 a 15.5% en contenido de humedad, se alcanzó una reducción del 25 al 40% en el consumo de energía comparado con secado a alta temperatura (Hanser et.al., 1990).

Pero más allá de esta característica, cumple también con otros requisitos de singular importancia como son: la obtención de un producto final con una calidad superior y el aporte en un entorno que asegure el desarrollo sustentable (Pagano & Crozza, 2000a)).

2.3. Flujo de aire

La clave del éxito del secado natural es el flujo de aire empleado porque necesita de una entrega de cantidad de aire suficiente a la entrada del silo para completar por un lado, el secado antes de alcanzar valores inaceptados de deterioro y pérdidas mediante la obtención del tiempo de secado correcto, y por otro, el tiempo de enfriamiento, que permite llevar al proceso a la etapa de mantenimiento y al grano a obtener sus condiciones óptimas de conservación.

Las velocidades de flujo de aire para este tipo de secado están regidas por el tamaño del ventilador, el tipo de grano, el diámetro del silo y la profundidad del lecho de granos. Numerosos estudios brindan los valores recomendados de velocidades de flujo de aire que están íntimamente relacionados con el tamaño del ventilador y con los límites energéticos requeridos y también varían de acuerdo al contenido inicial de humedad (Crozza & Pagano, 1998; Pagano et.al., 2000c)).

2.4. Sistemas de control basados en PC

La industria de la computación ha revolucionado la forma de realizar mediciones, pasando de instrumentos autónomos y pobremente acoplados y seguramente hasta incompatibles, a sistemas de automatización y medición de alto rendimiento fuertemente acoplados. El impacto tecnológico provocado por la PC ha originado innovaciones tecnológicas que permitieron la creación de un sistema de medición digital extremadamente poderoso y de bajo costo.

Básicamente, su metodología consiste en integrar la PC con los componentes de medición a través de software altamente productivo. Incluyen los servicios de medición y automatización en los módulos de E/S de alta velocidad para llevar los datos medidos a la PC.

También necesitan herramientas de desarrollo de software para crear los sistemas propios de instrumentación definidos por el usuario (Control&Computers, 2000).

Hoy día, los procesos de secado de granos que deben cumplir estrictamente con las reglamentaciones del mercado y en consecuencia están íntimamente relacionados están con las necesidades de prevenir la calidad del producto, minimizar la energía empleada, optimizar las actividades, aumentar la efectividad y la integración del sistema (Srzednicki G., 1995), no pueden estar ajenos a la evolución tecnológica y menos aún cuando de potencialidad de procesamiento se trate. Por esta razón, la implementación de un sistema de control basado en PC en una operación de postcosecha como es el secado a baja temperatura, le permite al usuario obtener amplios beneficios que redundan en la capacidad de crear un sistema de medición y adquisición de datos de acuerdo a sus necesidades (Pagano & Crozza, 1998; Pagano et.al., 1999; Crozza et. Al., 1999; Rohvein et.al., 1999; Pagano & Crozza, 2000a)b)).

3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO A ESCALA PILOTO

3.1. Características de la canola o colza

Canola es un alterado genético (de bajo contenido de ácido erúxico) de la semilla colza, la cual comprende dos especies: *Brassica Napus*, conocida como canola Argentina; y *Brassica Rapa*, conocida como canola Polaca. Ambas especies pertenecen a la familia de las Crucíferas (mostaza). Pueden desarrollarse en distintos tipos de suelos y además durante dos épocas del año, primavera e invierno.

El valor de humedad de conservación ideal es de 9%, si los valores de temperatura ambiente son reducidas tan pronto como las condiciones del aire ambiente lo permitan.

Los problemas de almacenamiento y el manejo de canola son similares a las del lino. Las semillas son redondeadas, pequeñas, pesadas y circulan rápidamente, lo que implica la necesidad de silos con más detalles en su construcción que los convencionales. Las semillas pueden transpirar por 5 o 6 semanas después de cosechadas, por lo que el secado y el deterioro podrían ocurrir a partir de 9-10% de humedad. Para la producción comercial se requieren valores máximos de temperatura de secado hasta 43°C (Kandel, 1999).

Los requisitos mínimos para la semilla de canola en el componente oleoso son menos del 2% de ácido erúxico y en el componente sólido, menos de 30 micromoles de glucosinolatos por gramo de harina deshidratada, libre de aceite.

3.2. Hardware y software

Equipo piloto. El equipo piloto utilizado para el desarrollo del trabajo experimental –a baja temperatura de secado en un lecho de canola- fue diseñado en el marco de dos proyectos de investigación que integran el Programa de Investigación TECSE (“Tecnología de Semillas”) (Pagano & Crozza, 1998; Pagano et.al, 1999; Rohvein et.al., 1999; Pagano & Crozza, 2000a)b)). Está compuesto de una computadora personal con su hardware y el software de base asociado, el software para control basado en PC y el o los dispositivos de entrada, integran un Sistema de Control Basado en PC, tal como se muestra en la Figura 1.

Más detalladamente consiste en:

➤ *Silo piloto:* cuyas dimensiones son de 1.20m de altura y 0.36m de diámetro, revestido de una capa de aislación que tiene por finalidad aumentar la eficiencia de la transferencia de calor. En la base del mismo se ubica un distribuidor de aire en la entrada del aire al lecho, cuatro anillos piezométricos ubicados a 0.3048, 0.6096 y 0.9144 m para la medición de la caída de presión ofrecida por el lecho a diferentes alturas.

- *Sistema de cañería:* soplador con una clapeta que regula la impulsión de aire caliente y frío, conectado a un sistema de cañería y con una placa orificio para la medición del caudal de aire de entrada a la torre propiamente dicha.
- *Sistema calefactor:* un grupo de tres resistencias eléctricas de 1 Kw cada una, conectadas en el soplador, que pueden ser accionadas automáticamente e indistintamente.

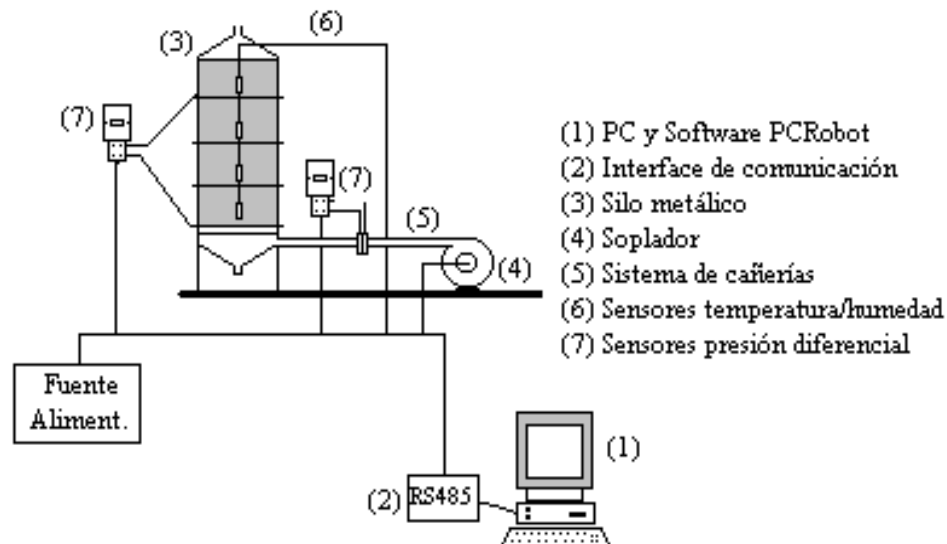


Figura 1: Esquema del equipo experimental y la comunicación a la PC

Software PCRobot. El software empleado es el PCRobot (Gundel et.al., 1998) junto a los drivers de comunicación y a las actividades típicas de un control automático, tales como, la visualización del proceso controlado en forma de mímicos, la gestión de datos generados por el mismo y la interface con el operador para ingreso de valores en tiempo real, permiten llevar a cabo tareas de control como así también la adquisición de datos de las variables sensadas.

El lenguaje de programación está basado en análisis lógicos de fácil comprensión y en diagramas de flujo de ejecución simultánea, con la particularidad de soportar programación on-line. Solo necesita del conocimiento del comportamiento del proceso que origina la creación de secuencias de funcionamiento y la implementación de distintas estrategias de control.

Cumple con las actividades típicas de un sistema de control basado en PC y entre sus características más destacadas se encuentran: su potencialidad operacional, es un software no propietario y su relativo bajo costo. Especificaciones de fundamental importancia a la hora de aplicarlo a casos reales.

Software Project. Este paquete junto al driver de comunicación fue totalmente desarrollado en la Facultad de Ingeniería. El lenguaje de programación es turbo C++. Su funciones específicas consisten en realizar el monitoreo y la adquisición de datos de los sensores de presión diferencial instalados en la placa orificio y en la columna. Este último a su vez está conectado a 3 válvulas solenoides que, accionadas desde la PC habilitan solo a una de ellas y mantienen a las otras dos cerradas –indistintamente- dependiendo de la altura a la que se va realizando la medición.

Si bien actualmente el ámbito de trabajo de este software es diferente al del PCRobot, lo que implica trabajar con dos PC en forma simultánea, se prevee unificar toda la actividad en único ambiente operativo.

Comunicación. La comunicación PC con el campo está basada en paquetes binarios con chequeo de redundancia cíclica y a una velocidad de 115.200 baudios.

Para la comunicación a la PC se utiliza un módulo de conversión de Norma RS232 a RS485 y un par retorcido de bajo costo y sin blindaje, aportando así una reducción en los costos de instalación, con inmunidad al ruido y la aislación necesaria para un entorno industrial.

Instrumentos para la medición de las variables monitoreadas. Los instrumentos utilizados para la medición de las variables del equipo experimental se observan en la Tabla 1.

Tabla 1: Instrumentos empleados para el desarrollo de la experiencia piloto

Variable	Instrumento	Ubicación	Especificaciones
Velocidad de flujo de aire	1 Sensor de presión diferencial	Placa orificio	Bailey, span 7.5 kPa, máx. presión 25Mpa, 4-20 mA
Rango de velocidad de flujo de aire	1 Clapeta	Soplador	Regulada desde la PC con un rango de posición 0 (cerrada) a 32 (abierta)
Caída de presión (directamente)	1 Sensor de presión diferencial	Silo a 3 alturas mediante anillos piezométricos	Bailey, span 7.5 kPa, . presión 25Mpa, 4-20 mA
Caída de presión (indirectamente)	3 Válvulas solenoides	En serie con el sensor de presión diferencial del silo	Marca Rowa, Presión máx. 0.1kg/cm ² , temp. máx. 85° C, caudal 5.3 m ³ /h, 0.5" gas
Temperatura intergranaria	4 Sensores de Temperatura	Topología de linga central en silo a 0.1524, 0.4572, 0.762 y 1.0668 m de profundidad	Rango: 0-130°C Vaina de acero inoxidable
Temp./Humedad intergranaria	4 Sensores de Temp./Humedad	Topología de linga central en silo a 3 profundidades diferentes	Rango: 0-130° C 0-100% Vaina de acero inoxidable
Temp./Humedad Rel. Ambiente	1 Sensor de Temp./Humedad	En el ambiente de trabajo	Rango: 0-130° C 0-100% Vaina de acero inoxidable
Calor entregado	3 resistencias calefactoras	A la entrada del soplador	Potencia: 1 kW cada una
Humedad y parámetros de calidad del grano	Análisis según Normas de la AOCS	Realizado a escala laboratorio	

El ventilador –marca Corradi- que también integra el equipamiento es un motor trifásico asíncrono centrífugo, con una potencia de 0.55 kW y 0.7 CV.

4. DESARROLLO

Se han realizado experiencias pilotos (Pagano & Crozza, 1998; Pagano et.al, 1999; Rohvein et.al., 1999; Pagano & Crozza, 2000a)b)) que demuestran la capacidad y las virtudes que puede brindar el empleo de un sistema de esta naturaleza si se extrapolara a escala real.

A continuación se detalla la metodología empleada para tal fin:

Se trabajó en un rango de velocidad de flujo de aire de 0.01 a 0.27m³/s-m², con una muestra de 59,150 kg de colza con un contenido de humedad inicial de 14.5% (b.s.).

El desarrollo de la experiencia se inició con un período para secado con aire a baja temperatura, seguido de otro de ventilación con aire forzado en condiciones ambientales con el objetivo de alcanzar el descenso y la uniformidad de temperatura en todo el silo. El caudal de aire empleado fue constante de 0.2 m³/s-m², simulando el comportamiento de una planta de acopio. El aire de entrada fue ligeramente calentado mediante una resistencia calefactora instalada en la entrada del ventilador. La temperatura se registró desde los cuatro sensores, realizándose la medición automática con intervalos de 5'. La operación de secado/enfriamiento se realizó en una corrida continua durante 128 hs. (Rohvein et.al., 1999; Pagano & Crozza, 2000a)b)).

Tanto la puesta en marcha del soplador como cantidad de flujo de aire que ingresa a la torre y el accionamiento de las distintas resistencias, son comandadas desde la PC a través del software PCRobot. Mediante este software también se llevó a cabo el monitoreo y adquisición de datos de temperatura.

La información obtenida fue convalidada mediante modelos matemáticos que permitieron encontrar la estimación del tiempo de enfriamiento. El modelo base sobre el que se trabajó fue el de Christensen (1982), luego Giner (1995) y finalmente Pagano et.al.(2000a)) en función de los dos anteriores elaboraron un trabajo similar para canola.

La estrategia de trabajo utilizada permitió llevar a cabo el seguimiento de la evolución de todo el proceso reposo/secado/enfriamiento/reposo, obteniéndose así la información de los frentes de secado y de enfriamiento.

En función de todo lo actuado fue posible determinar:

- la caída de presión o también conocida como la resistencia al flujo de aire que ofrecen los granos de colza en función de la velocidad de flujo, con el fin de diseñar el ventilador que mejor responda a los requerimientos del proceso
 - tiempos de secado y enfriamiento del grano en el silo
- que junto a la interconexión soft/hard y la posibilidad de crear un ámbito de interface hombre/máquina conforman un circuito realimentado que permite:
- realizar un seguimiento de la evolución de frentes de secado y enfriamiento
 - analizar las posibles modificaciones físicas, químicas o biológicas en los granos
 - monitorear y controlar el proceso de secado/enfriamiento

con el fin de predecir posibles comportamientos del sistema en función de variables críticas, como son la temperatura/humedad tanto del proceso propiamente dicho como de las condiciones ambientales imperantes.

Además de lo actuado, en próximos trabajos el monitoreo, la adquisición de datos y el control, se extenderá a la medición y accionamiento de otras variables claves del proceso, como son: i) humedad intergranaria - ii) humedad relativa con sensores combinados de temperatura/humedad y iii) caudal de flujo de aire de entrada y a distintos valores de altura en el silo experimental mediante sensores de presión diferencial.

5. CONCLUSIONES

La aplicación de sistemas de control basados en PC en el secado de granos a baja temperatura permite:

- ✓ Realizar un seguimiento continuo sobre determinados parámetros que afectan a la masa de granos y garantizar las óptimas condiciones de conservación y la calidad de los mismos.

- ✓ Predecir las velocidades de flujo de aire y los tiempos de secado y enfriamiento en condiciones cuasi-ambientales, mediante modelos matemáticos, dando la posibilidad de: i) extrapolar la experiencia a escala real y ii) encontrar los parámetros necesarios para el diseño del sistema de ventilación.

- ✓ Conocer los parámetros que dan los momentos adecuados y óptimos de operación del sistema, para lograr un importante ahorro de energía y costos.

- ✓ Monitorear las variables críticas y accionar sobre determinadas variables manipuladas del equipo que potencian las mejoras de la prestación.

- ✓ Favorecer doblemente el desarrollo sustentable y el uso racional de la energía, preservando el medio ambiente.

6. BIBLIOGRAFIA

Behrends C. & Szklanny S., 1998, Sistemas digitales de control de procesos, Ed. Control S.R.L.

Christensen, C.M., 1982, Storage of cereal grains and their products, 3° Ed. AACC, St. Paul, MN.

Control & Computers, 2000, La revolución de la medición transforma el mundo de los ensayos y las mediciones, Instrumentación & Control Automático, n.100, pp.101-103.

Crozza, D.E. & Pagano A. M., 1998, Claves para una buena aireación, Journal Forrajes & Granos, vol.3, n 30, pp. 64-66.

Crozza D.E., Rohvein C. y Pagano A. M., 1999, Software y hardware aplicados en el secado de colza con aire de baja temperatura, Proceedings del 4° Congreso Interamericano de Computación Aplicada a la Industria de Procesos, CAIP'99, 2 al 5 de Noviembre, San José, Costa Rica, pp: 31-37.

Fraser B. M.& Muir W. E., 1981, Airflow requirements for drying grain with ambient and solar-heater air in Canada, Transactions of the ASAE, vol 24(1), pp. 208-210.

Giner S., 1995, Temas de postcosecha de granos oleaginosos. Parte 2, Aceites y Grasas, vol. 5, pp. 69-85.

Gundel Hnos, 1998, Manual del PC-Robot.

Hansen R. C., Keener H. M., Gustafson R.J., 1990, Natural air grain drying in Ohio”, Food, Agricultural and Biological Engineering (Factsheet), Ohio State University Extension, www.ag.ohio-state.edu, AEX-202-1990.

Kandel H., 1999, Canola Trial, University of Minnesota, www3.extension.umn.edu.

Kanujoso B., Chung S. and Song A., 1995, Study of desorption and adsorption during grain aeration, Drying Technology, vol.13(1&2), pp.183-196.

Luyben W., “Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers”, 2da. Ed. McGraw Hill., 1989.

Morey, R. V. & Cloud H.A., 1988, Fan and equipment selection for natural-air drying, dryeration, in-storage cooling, and aeration”, Agricultural Extension Service, University of Minnesota, www3.extension.umn.edu.

Pagano A. M., Crozza D.E. and Nolasco S.M., 1995, Resistance of bulk oat seeds to airflow, Journal of International Latin American Applied Research, vol. 25(4), pp. 249-252.

- Pagano A. M., Crozza D. E. and Nolasco S. M., 1998, Pressure drop through in-bulk flax seeds, *Journal of the American Oil Chemistry Society*, vol. 75, n. 12, pp. 1741-1747.
- Pagano, A.M., Crozza D. E. and Nolasco S. M., 1998b, Aireación de granos de producción argentina: estimación de la potencia de ventilación, *La Alimentación Latinoamericana*, n. 225, pp. 40-47.
- Pagano, A.M. & Crozza D. E., 1998, Silothermometry of stored grain, *Información Tecnológica*, vol. 9, n. 5, 95-100.
- Pagano A., Crozza D. y Rohvein C., 1999, Drying in-bin of rapeseed with near-ambient air, *Proceedings en CD 10 th International Rapeseed Congress "New Horizons for an Old Crop"*, 26 al 29 de Setiembre 1999, Canberra, Australia..
- Pagano A. M. & Crozza D. E., 2000a, Experimental determination of time in-bin cooling for corn aeration, *Drying Technology*, vol. 18, n. 4, pp. 457-468.
- Pagano A. M. & Crozza D. E., 2000b, Asegurando el desarrollo sustentable: monitoreo de variables en secado de colza/canola a bajas temperaturas, *Revista Granos: de la Semilla al Consumo* (en prensa).
- Pagano A. M., Crozza D. E. and Nolasco S. M., 2000c, Airflow resistance of oat seeds: effect of airflow direction, moisture content and foreign material, *Drying Technology*, vol. 18, n. 1&2 (en prensa)
- Rohvein C., Crozza D.E. y Pagano A. M., 1999, Secado de colza en condiciones cuasi-ambientales: estimación del tiempo de enfriamiento, *Libro de resúmenes VIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos y I Simposio Internacional de Tecnología Alimentaria, FeriAl/99*, Mayo 13-16, Argentina, n. 146, pp. 10-11, (Trabajo completo en prensa).
- Sanderson D. B., W. E. Muir and R. N. Sinha, 1988, Moisture contents within bulks of wheat ventilated with near ambient air: experimental result, *Journal of Agricultural Engineering Research*, vol. 40, pp. 45-55 .
- Sanderson, D. B., W.E. Muir, R.N.Sinha, D. Tuma and C.I. Kitson,1989, Evaluation of a model of drying and deterioration of stored wheat at near-ambient conditions, *Journal of Agricultural Engineering Research*, vol. 42, pp. 219-233.
- Szrednicki G., 1995, Control systems for aeration and drying of grain, *Grain drying in Asia: Proceedings of an International Conference held at the FAO Regional Office for Asia and the Pacific*, Bangkok, Thailand, 17-20 October, pp. 158-165; 37 ref.
- Stephanopoulos G., "Chemical Process Control. An Introduction to Theory and Practice", Ed. Prentice Hall, 1984.