

## SILO SECADOR SOLAR DE BASE CÓNICA DE 125 TONELADAS

A. Cortés, M.A. Lara, R. D. Piacentini y R. Gaspar

Grupo de Energía Solar  
Instituto de Física Rosario (UNR - CONICET)  
Pellegrini 250, 2000 Rosario, Santa Fe

### RESUMEN

Se analizan los problemas relativos al secado solar a baja temperatura en silos de unas 100 Tn, base cónica y descarga por gravedad.

Con el programa desarrollado por dos de los autores (1) se determinó, dado el silo, el área de colectores, el caudal y el motoventilador necesarios para secar satisfactoriamente el grano en la zona más desfavorecida (eje del silo). Los cálculos se realizaron para maíz, trigo y soja.

Bajo la suposición de que el aire se desplaza verticalmente, se ajustó mediante polinomios el perfil de velocidades dentro del silo.

Para maíz, se profundizó el análisis realizando una simulación del sistema, determinando perfiles de humedad del grano, temperatura, etc., en base al modelo de Thompson modificado (2). Se incluye ahora la posibilidad de una altura y velocidad del aire variables radialmente.

En base a los estudios anteriores, se construyó un silo secador solar de tolva cónica, de 125 Tn de capacidad nominal. El mismo está conectado, a través de un motoventilador centrífugo de 15 HP, a dos bancos de colectores solares de 50 m<sup>2</sup> de área total. Los colectores solares simples han sido rediseñados, a los efectos de simplificar su construcción y reducir las pérdidas en los contactos centrales de interconexión.

### 1. INTRODUCCION

A lo largo de las dos últimas décadas se han instalado en la zona vecina a Rosario una cantidad importante de silos de campaña (3). Los mismos tienen una capacidad típica de 100 Tonaladas, poseyendo la mayoría una base cónica para facilitar la descarga mediante un tornillo sin fin (chimango) o a una tolva por gravedad.

En algunos casos, dichos silos se agrupan en baterías de dos a cuatro unidades, completándose el conjunto con un sistema de movimiento mecanizado del grano y eventualmente con una secadora convencional discontinua. La dificultad de operación de dichas secadoras (fundamentalmente por requerir un control prácticamente permanente de la temperatura del aire de secado) ha hecho que las mismas en general hayan caído en desuso. Se recurre, en cambio, a las facilidades de las plantas in-

termedias de acopio (cooperativas y firmas de realistas), ubicadas en los centros poblados. Dada la imposibilidad de guardar el grano húmedo en silos, y las dificultades y costos emergentes de un envío y retorno del grano de la unidad productora a las plantas de acondicionamiento, dichos silos tampoco se usan para acopio. Si funcionan, sólo lo hacen como receptores temporarios, entregando el grano húmedo, tal como lo reciben del campo, para su envío a las plantas de secado.

La adaptación al secado solar de estos silos de campaña, posibilitaría un mejor funcionamiento del sistema de producción cerealera, al reducir la sobrecarga actual de las secadoras de gran capacidad ubicadas en las plantas intermedias de acopio. También, se lograría una mejor calidad del grano, si bien esto aún no es recompensado económicamente en nuestro país.

### 2. DIMENSIONAMIENTO DE SILOS DE BASE CÓNICA

Tal como se describió anteriormente (4), al insuflar aire por la parte inferior a un silo de base cónica y cono superior, la velocidad aparente del aire aumenta con el radio. Como la altura de la masa de granos se reduce con dicho radio, el secado es más lento en el eje del silo, siendo por lo tanto la región más desfavorecida.

El programa de cálculo desarrollado previamente para dimensionar silos de base plana y fondo perforado (1), fue modificado a los efectos de aplicarlo a silos cónicos. Como datos de entrada se utilizan valores medios horarios de temperatura y humedad, siendo la radiación solar considerada la predicha por el modelo de Hottel, la que puede ser afectada de un coeficiente global de atenuación que de alguna manera tiene en cuenta días uniformemente nublados. Se deben seleccionar también las horas de prendido y apagado del motor. En base al máximo tiempo admisible durante el cual el grano puede permanecer húmedo en el silo (tiempo de deterioro), se obtiene, a través de cálculos iterativos, la velocidad aparente del aire en el eje y el aumento de temperatura media a proveer por el sistema solar. Si los resultados son técnicamente insatisfactorios (por ejemplo, un área de secado excesiva), se puede proponer otra estrategia de secado, o considerar condiciones más restrictivas para el grano recepcionado.

Los cálculos de dimensionamiento, que incluyen la evaluación de la pérdida de presión en el banco de colectores y en los conductos, tipo de motoventilador requerido y potencia efectiva utilizada, etc., pueden hacerse para trigo, maíz y soja. La adaptación del esquema de cálculo es sencilla para el caso de otros granos.

### 3. SIMULACION DEL SECADO DE MAIZ

Como el modelo de dimensionamiento no describe en detalle el proceso de secado, y resultaba de interés tener una información más completa del mismo, se realizaron cálculos para diversos radios con el modelo de Thompson descrito en (2).

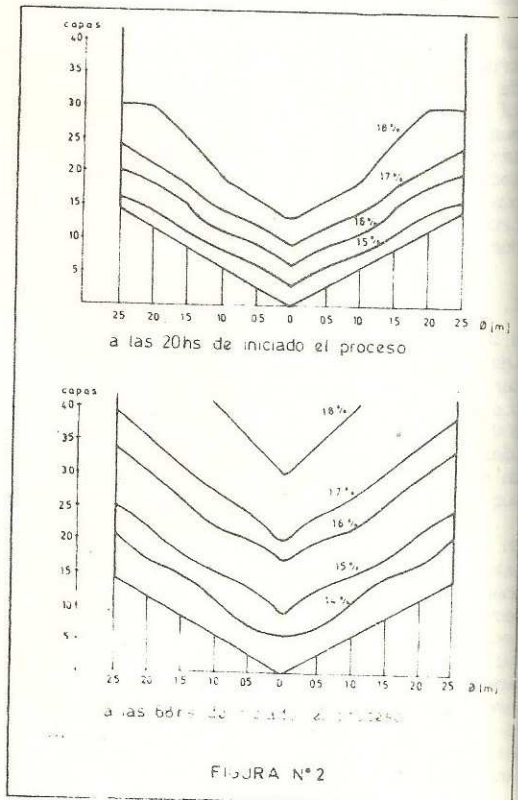
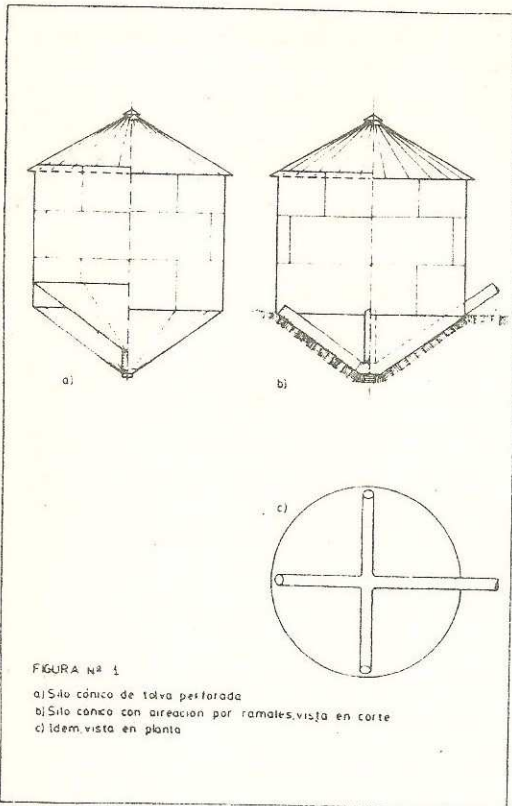
Dicho modelo se ha modificado a los efectos de poder, en el futuro, simular el secado por capas (layer drying). La pérdida de materia seca, criterio que sirve para determinar el deterioro del grano, se realiza ahora para todas las capas simuladas y en forma incremental, dado que las condiciones de humedad del grano y temperatura del aire van variando para cada capa a lo largo del proceso. Dicha pérdida se computa en base a la fórmula de Steele (6).

Con dicho modelo se simuló el secado de maíz en un silo solar de 50 toneladas de capacidad y aereación por piso cónico perforado, como el esquematizado en la Fig. 1a. Tiene 5 m de diámetro y se encuentra conectado a un banco de 100 m<sup>2</sup> de colectores. Las condiciones ambientales son las correspondientes a Zavalla, para el mes de Marzo. En la Fig. 2 se muestra la evolución de los niveles de humedad constante para diversos tiempos (7). Se puede constatar fácilmente la inhomogeneidad del proceso.

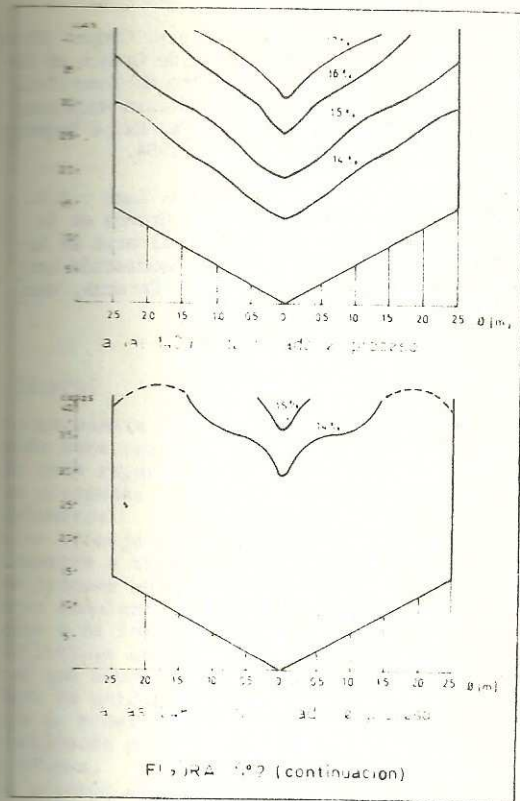
### 4. SILO SECADOR SOLAR DE 125 TONELADAS

En base a los conocimientos previamente adquiridos, se encaró la construcción de un equipo de 125 Tn (8), en el Campo Experimental Villarino.

En primer lugar, se definió que la base del equipo sería de hormigón armado, por su menor costo constructivo, frente a las tolvas aéreas. De los equipos ofrecidos, y luego de analizar el dimensionamiento de los colectores solares para cada modelo, se optó por uno de 6,20 m de diámetro, con un cilindro de 3,7 m de altura.



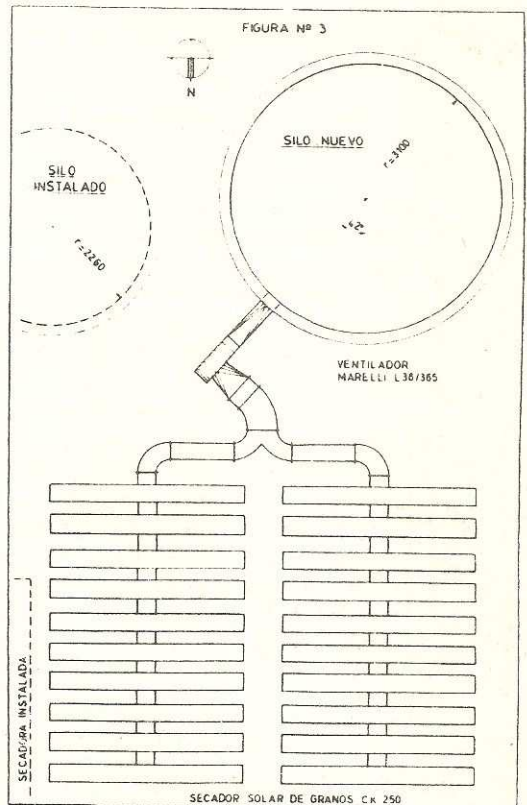




El silo se ubicó junto al existente. Esa localización, que obedece a la necesidad de lograr una mecanización sencilla del conjunto, produce algunos condicionantes en la conexión de los ramales del banco con el silo. De todos modos, los cálculos muestran que las pérdidas en los conductos son despreciables frente a las que se producen dentro de la masa de granos. En la Fig.3 se muestra una vista en planta de la instalación.

Analizando el costo comparativo entre un piso totalmente perforado, como el usado en el equipo actual u otro similar a los efectos de aereación reforzada convencional, por ramales (Figs. 1b y 1c), se optó por esta última. Si bien ésta no es técnicamente la mejor, es en cambio de construcción masiva, lo que facilitará la posterior difusión del producto.

Los colectores usados, de diseño simple, son una versión mejorada de los descritos en (8). Se ha modificado el sistema de unión con el conducto central (Fig.4), a los efectos de reducir las pérdidas de carga en el acoplamiento y para disminuir las pérdidas por sombras. Se ha modificado la ubicación del primer colector a estos mismos efectos. Se ha mejorado la entrada de aire a los colectores, para permitir una mejor regulación del ingre-



so de aire y evitar la entrada de agua por lluvia o rocío.

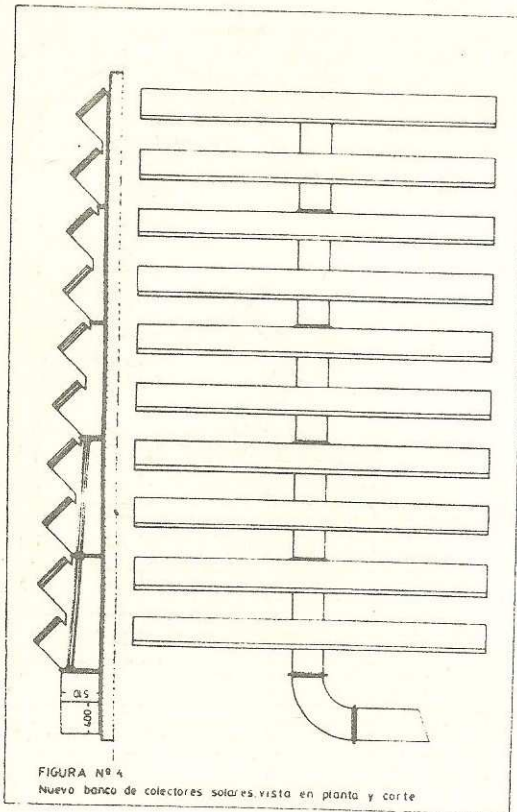
##### 5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Si bien técnicamente es menos favorable que el secado en silos de base plana, el secado en silos de base cónica es factible. Esto es muy importante, pues la gran mayoría de los silos de campaña instalados posee bases de este tipo. Por ello, la inversión requerida para la conversión de estos silos de campaña a silos secadores solares es del 50% respecto de la requerida por un silo secador solar completo, al aprovecharse las instalaciones actuales. Por otro lado, la existencia de una tolva cónica facilita la descarga, ya sea por gravedad o mediante "chimango", eliminando la descarga final por barrido o paleo necesaria en los silos de base plana.

Se tiene previsto instalar los bancos colectores durante octubre de 1984, a los efectos de poder realizar las primeras experiencias en la próxima campaña de trigo.

##### REFERENCIAS

- [1]- R. Gaspar y A. Cortés. "Dimensionamiento de Silos Secadores de Base Plana para se



7.- S. Rizzolo, P. Depaoli y R. Gaspar (Director Técnico). "Secado Solar de Granos en Silos de Base Cónica". Proyecto de Ingeniería para optar al Título de Ingeniero Mecánico. Dto. de Proyectos, Fac. de Cs. Ex. e Ingeniería, U.N. de Rosario, Sept. 1984.

8.- A. Cortés, R. Gaspar, M.A. Lara y R.D. Piacentini. "Secado Solar de Granos en la Pampa Húmeda Argentina. A publicarse en Actas del 4to. Congreso de la Asociación Latinoamericana de Energía Solar, Caracas, Venezuela, 1983.

caidores de Base Plana para secado natural y solar". Informe reservado IFIR, 1983.

(2)- R. Gaspar, C. Aprile, A. Cortés, M.A. Lara y R.D. Piacentini, "Secado Solar de Maíz en Clima Templado-Cálido y Húmedo". Actas del I Congreso Latinoamericano de Transferencia de Calor y Materia, Vol. I, 604-617, 1982.

(3)- O. Barbosa, N. Domínguez, O. Rodríguez y A. Martínez. "Posibilidades del Secado Solar de Granos en el Agro Argentino". Informe Técnico CERIDE (Santa Fe), 1983.

(4)- A. Cortés, R. Gaspar, M.A. Lara y R.D. Piacentini. "Estudio Comparativo del Secado Solar con Distintos Granos y Sistemas". Actas de la VI Reunión de Trabajo de ASADES, Catamarca, 15-37, 1980.

(5)- C. Aprile y R. Gaspar. "Aproximación de Datos Meteorológicos Mediante Series de Fourier". Informe Técnico IFIR, 1982.

(6)- J.L. Steele, R.A. Saul & W.U. Hukill. "Deterioration of Shelled Corn as Measured by Dioxide Production". Trans. ASAE, 19 (5), 685-689, 1969.