

# **ANÁLISIS ECONÓMICO DEL ALMACENAMIENTO DE GRANOS EN SILOBOLSAS A TRAVÉS DE UNA APLICACIÓN WEB**

Ricardo Bartosik, Leandro Cardoso, Hernán Urcola

INTA EEA Balcarce

bartosik.ricardo@inta.gob.ar

## **Introducción**

El almacenamiento de granos en silobolsa es un tipo de almacenamiento hermético. Los granos, microorganismos asociados e insectos respiran, consumiendo O<sub>2</sub> y generando CO<sub>2</sub> creando una atmósfera modificada dentro de la bolsa hermética. Esta atmósfera modificada genera ciertas ventajas para la conservación de los granos.

El almacenamiento de granos en silobolsas es una alternativa frecuente para productores, acopiadores y la industria de procesamiento de granos en Argentina. Durante los 5 últimos años, cerca del 40% de la producción de granos en Argentina se almacenó en silobolsas, lo cual destaca la importancia de esta tecnología en Argentina. Además, esta tecnología está siendo exportada a varios países de los 5 continentes. Los silobolsas están compuestos por un material plástico de tres capas (blanco en el exterior y negro en el interior) en forma de tubo de 235 micrones de espesor. Las bolsas más típicas tienen 60 m de largo y 2,74 m de diámetro y pueden contener aproximadamente 200 t de granos cada una, y con el equipamiento actualmente disponible el manejo (carga y descarga) es muy simple de realizar. Las bolsas se pueden armar en el mismo lote de producción, o en un área especialmente acondicionada en las proximidades de la planta de almacenamiento o de procesamiento.

El INTA ha realizado una importante y extensa investigación relacionada al almacenamiento en silobolsas en los últimos años. El efecto de la humedad y el tiempo de almacenamiento sobre la calidad del trigo, maíz, soja, girasol y cebada fueron analizados por Bartosik y col. (2012). Cardoso y col. (2009) estudiaron los cambios en la concentración de fosfina durante la fumigación de granos en silobolsas, y Cardoso y col. (2012) implementaron un test de presión para determinar el nivel de hermeticidad de silobolsas y su evolución luego del almacenamiento durante cuatro meses en el campo.

Estudios de logística demostraron la flexibilidad del uso de silobolsas y la mejora en la eficiencia la cosecha (Busato y col., 2011). Recientemente Bartosik (2012) presentó un informe completo de las investigaciones realizadas en la temática de silobolsas hasta el momento.

Algunos productores adquieren todo el equipamiento para realizar el embolsado de granos (embolsadora, extractora, carro tolva y tractores), y para ellos es crítico conocer el costo real del embolsado para compararlo con el costo de enviar el grano directamente al acopio. Por otra parte, otros productores contratan la labor de embolsado. Para los contratistas también es crítico conocer el costo real del trabajo de embolsado para cobrar una tarifa adecuada.

El cálculo del costo de almacenamiento en silobolsas requiere de ciertas consideraciones. El equipamiento necesario incluye: embolsadora, extractora, carro tolva autodescargable y dos tractores con potencia suficiente para transportar el carro tolva y darle movimiento a las roscas (uno para el carro tolva y otro para la embolsadora y extractora). Además de los costos derivados de tener la propiedad del equipo (amortizaciones, mantenimiento e intereses) hay otros gastos relacionados a la mano de obra y el combustible necesario para

la operación. La bolsa no es reusable, por lo que cada vez que se realiza el embolsado es preciso adquirir una bolsa nueva. De acuerdo a la capacidad económica/financiera de cada agente, como así también a la escala, los componentes de costos pueden ser significativamente diferentes. Una complejidad adicional puede presentarse cuando se considera el tiempo dedicado de las diferentes máquinas a la tarea de embolsado (por ejemplo, el tractor puede utilizarse para otras tareas, por lo que los costos de propiedad deben asignarse de manera proporcional al uso).

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) desarrolla aplicaciones web para ayudar a los productores y la agroindustria en la toma de decisión de diferentes actividades del manejo y conservación de los granos. Un ejemplo de ello es el programa Airear, que permite calcular y seleccionar ventiladores de aireación de granos y dimensionar sistemas de aireación (Bartosik y col. 2009). Este programa, de acceso libre y gratuito, puede ser utilizado por cualquier interesado (se debe registrar previamente) y permite que los diferentes agentes de la cadena de la poscosecha de granos tengan acceso a cálculos complejos e información específica que de otra manera sería muy difícil de conseguir.

A pesar de la amplia variedad de temas de investigación relacionados al almacenamiento en silobolsas presentados anteriormente, no se ha hecho hasta el momento un esfuerzo importante para realizar estudios económicos de almacenamiento con este sistema. Los principales objetivos de este trabajo fueron: 1) desarrollar una aplicación web para calcular el costo de almacenamiento de granos en silobolsas y 2) determinar el costo del embolsado de granos para una situación típica de Argentina.

## **Metodología**

Una operación típica de almacenamiento de granos en silobolsa de Argentina fue analizada, la cual incluye las sub operaciones de: 1) transporte desde la cosechadora en el campo hasta la embolsadora, 2) el embolsado, y 3) la extracción del grano. El transporte subsecuente del grano hasta el acopio, la industria de procesamiento o el puerto no fue considerado en el análisis, ya que este debe hacerse independientemente del período de tiempo de almacenamiento del grano en el silobolsa.

El equipo requerido para la operación de embolsado consiste en una embolsadora, una extractora, un carro tolva autodescargable y dos tractores. Uno de los tractores es también utilizado para la actividad de extracción del grano. La embolsadora considerada tiene una capacidad de 400 t/h y requiere una potencia de al menos 60 HP. La extractora tiene una capacidad de 80-110 t/h (dependiendo del tipo y condición de grano), y requiere una potencia de 90 HP. La tolva autodescargable tiene una capacidad de 14 t y está equipada con una rosca de 360 t/h de capacidad. Para satisfacer las necesidades de potencia de estos equipos se consideraron dos tractores de 90 HP, los cuales pueden ser utilizados indistintamente para la embolsadora, la extractora o el carro tolva. Esta es una configuración típica de equipo para un contratista que ofrece el servicio de embolsado a productores o acopios en Argentina. Los precios de los equipos e insumos se tomaron de revistas especializadas (Agromercado) y de consultas con empresas proveedoras de insumos y equipos. La vida útil del equipo fue establecida en 10 años, con excepción de los tractores a los cuales se les asignó una vida útil de 20 años. El valor residual del equipo fue considerado del 25% de su valor a nuevo, mientras que el costo de mantenimiento anual se fijó en el 3% de su valor (Tabla 1).

Tabla 1. Características, precio, vida útil, valor residual y costo de mantenimiento para los equipos considerados en la operación de embolsado.

Equipo	Características	Precio (US\$)	Vida útil	Valor residual (%)	Tasa de interés (%/año)	Costo de mantenimiento (%)
Embolsadora	400 t/h capacidad	3842	10	25	15	3
Extractora	80-110 t/h capacidad	10105	10	25	15	3
Carro tolva	14 t capacidad, con rosca de descarga de 360 t/h	15378	10	25	15	3
Tractor 1	90 HP	50000	20	25	15	3
Tractor 2	90 HP	50000	20	25	15	3

El precio de una bolsa estándar de 60 m de largo por 2,74 m de diámetro fue de US\$ 500. La cantidad de grano a embolsar varía de acuerdo a la densidad volumétrica del grano (200 t de trigo, maíz, soja y sorgo, 180 t de cebada y 120 t de girasol y arroz).

#### Dedicación de tiempo a la operación de embolsado

La embolsadora y extractora son destinadas exclusivamente a la actividad de embolsado. En este caso el 100% de las amortizaciones, intereses y gastos de mantenimientos son imputados a esta actividad. Por otra parte, el carro tolva y los tractores son utilizados en otras operaciones, por lo que los costos de propiedad son asignados al embolsado de manera proporcional.

Basados en experiencias prácticas, se asume que durante la operación de embolsado el equipo se utiliza 10 hs por día, y que se pueden llenar 4 bolsas en un día (2,5 hs por bolsa). Durante la extracción, el equipo también se utiliza 10 hs por día, pero solo se pueden descargar 2,5 bolsas en un día (4 horas por bolsa).

Tractor de la embolsadora: este tractor está en uso cada vez que la tolva descarga grano en la embolsadora. Asumiendo una capacidad de descarga promedio de 300 t/h y adicionando 20% del tiempo para compensar por eventuales ineficiencias, el tiempo de trabajo del tractor de la embolsadora se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Tractor Embolsadora (h)} = \frac{\text{Cantidad total granos (t)}}{\text{Capacidad descarga de la tolva } (\frac{t}{h})} \times 1.2 \quad \text{Ec. 1}$$

Embolsadora: el tiempo de trabajo de la embolsadora se consideró igual al de su correspondiente tractor.

Tractor de la extractora: el tractor dedicado a la embolsadora está en uso cada vez que la embolsadora está trabajando. Asumiendo una capacidad de trabajo de 90 t/h, y adicionando 20% del tiempo para compensar por eventuales ineficiencias, el tiempo de trabajo de este tractor se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Tractor extractora (h)} = \frac{\text{Cantidad total granos (t)}}{\text{Capacidad extractora } (\frac{t}{h})} \times 1.2 \quad \text{Ec. 2}$$

Extractor: el tiempo de trabajo de la extractor se consideró igual al de su correspondiente tractor.

Tractor carro tolva: el tractor dedicado al carro tolva está en uso durante el transporte del grano desde el campo (cosechadora) hasta el silobolsa, durante la descarga de la tolva al silobolsa y durante el viaje de regreso vacío a la cosechadora. El número de viajes depende de la cantidad de grano a embolsar y de la capacidad de la tolva. La distancia promedio entre la cosechadora y la embolsadora se fijó en 1,5 km (3 km el viaje ida y vuelta), la velocidad del tractor en 1,5 km/h y la capacidad de descarga de la tolva en 300 t/h. Se adicionó 20% del tiempo para compensar por eventuales ineficiencias. El tiempo de trabajo del tractor del carro tolva se calculó de la siguiente manera:

$$Tractor\ carro\ tolva\ (h) = \left( \frac{Cantidad\ total\ grano\ (t) \times Distancia\ (km)}{Capacidad\ tolva\ (t) \times Velocidad\ (\frac{km}{h})} + \frac{Cantidad\ total\ grano\ (t)}{Capacidad\ descarga\ (\frac{t}{h})} \right) \times 1.2$$

Ec. 3

Carro tolva: el tiempo de trabajo del carro tolva se consideró el mismo que el de su correspondiente tractor.

La dedicación de los diferentes equipos a la operación de embolsado se listan en la tabla 2.

Tabla 2. Uso anual del equipo (horas) y dedicación porcentual a la operación de embolsado.

Equipo	Uso anual (horas)	Dedicación a la operación de embolsado (%)
Embolsadora	Ec. 1	100
Extractora	Ec. 2	100
Carro tolva*	2000	Ec. 3/2000 x 100
Tractor embolsadora*	2000	Ec. 1/2000 x 100
Tractor extractora*	2000	Ec. 2/2000 x 100
Tractor carro tolva*	2000	Ec. 3/2000 x 100

\* considerando las horas de uso para la operación de embolsado y otras actividades

#### Amortizaciones

La amortización anual del equipamiento se calculó de la siguiente manera (Guida Daza y col., 2009):

$$Amortización = \frac{Valor\ a\ nuevo - Valor\ residual}{vida\ útil} \times Dedicación\ (%)$$

Ec. 4

#### Interés

Para tener en cuenta el costo de oportunidad del capital invertido, una tasa anual de interés del 3% fue considerada.

$$Interés = \left( \frac{Valor\ nuevo}{2} \right) \times Tasa\ interés \times Dedicación\ (%)$$

Ec. 5

#### Costo del combustible

Se consideró que cada tractor tiene un consumo promedio de combustible de 20 l/h y que el precio del gasoil fue de 1,3 US\$/l. Para cada tractor el consumo de combustible se calculó de la siguiente manera:

*Costo combustible (US\$)*

$$= \text{Tiempo dedicado al embolsado (hs)} \times \text{Consumo gasoil} \left( \frac{l}{h} \right) \times \text{precio gasoil} \left( \frac{US\$}{l} \right)$$

Ec. 6

*Mano de obra*

Las tareas relacionadas al embolsado de granos se dividieron en tres sub tareas: 1) embolsado (operario demanda las mismas horas de trabajo que el tractor de la tova granelera), 2) transporte del grano (operario demanda las mismas horas de trabajo que el tractor de la tova granelera) y 3) extracción (operario demanda las mismas horas de trabajo que el tractor de la extractora). Se consideró un salario promedio de 2000 US\$/mes y un total de horas de trabajo mensual de 200. El costo de la mano de obra para cada sub tarea se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Costo mano de obra (US\$)} = \frac{\text{Tiempo de la sub operación (hs)}}{200 \left( \frac{hs}{mes} \right)} \times \text{Salario} \left( \frac{US\$}{mes} \right)$$

Ec. 7

*Tamaño de la operación de embolsado*

El análisis económico de la operación de embolsado se realizó desde una escala pequeña (15 bolsas/año) hasta una escala grande (503 bolsas/año), utilizando siempre la misma configuración de equipo. En cada caso se consideró una mezcla de granos a embolsar (Tabla 2).

*Calculador de costos*

El calculador de costos de embolsado se programó primero en una planilla Excel y luego de tradujo a un lenguaje web. Esta aplicación estará pronto disponible on-line para el público general a través de la web del INTA.

## **Resultados y Discusión**

La Figura 1 muestra el costo por tonelada de almacenar granos en silobolsa. Como se puede apreciar, el costo por tonelada baja a medida que el número de silobolsas incrementa, desde 5,9 US\$/t para 15 bolsas/año a 5,03 US\$/t para 500 bolsas/año. Este efecto es esperado y el resultado de distribuir los costos fijos en un mayor número de toneladas. La reducción de costos a medida que aumentan las toneladas embolsadas es marcado hasta un poco más de 100 bolsas/año. A partir de allí aumentar el número de bolsas que se hacen por año reduce los costos por tonelada en muy baja magnitud. Esto puede explicarse debido a la baja proporción de los costos fijo en la estructura general de costos en comparación a los costos variables.

La Figura 2 muestra la composición de costos para una operación de embolsado de 126 bolsas/año (23300 t). Las bolsas representan el 59% de costo total, el combustible el 24% y la mano de obra el 13%, con lo cual los costos variables representan el 96% del costo total de embolsado. Por otra parte los costos fijos representan solo el 4% del total, divididos en costos de mantenimiento (1%), intereses (1%) y amortizaciones (2%).

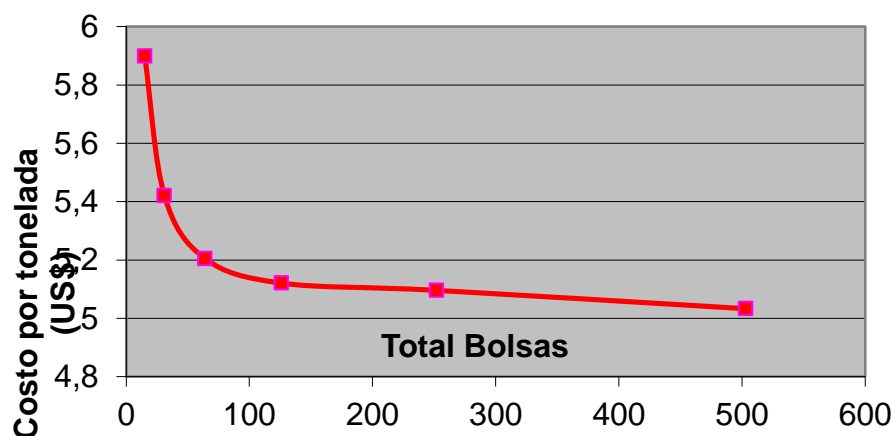


Figura 1. Costo de almacenamiento de granos en silobolsas (US\$/t) para operaciones de diferentes escalas.

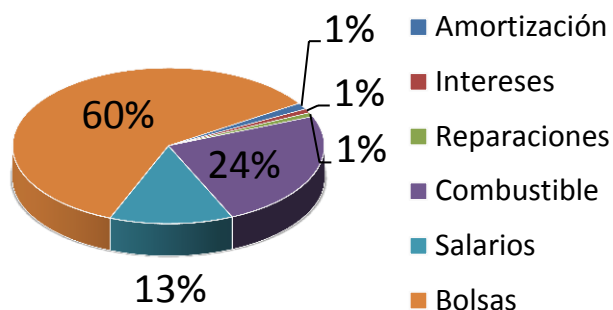


Figura 2. Composición porcentual de costos para una actividad de embolsado de 126 bolsas por año (23 300 t).

La figura 3 muestra el costo de almacenamiento por tonelada de los diferentes granos considerados en base a una operación anual de 126 bolsas. Como es esperable, los granos que tienen menor peso hectolítrico, tales como el girasol o el arroz, tienen un costo asociado mayor ya que es menor cantidad de grano se puede almacenar en cada bolsa. El costo por tonelada varía entre 4,2 a 4,6 \$/t para trigo, maíz, soja y cebada a 6,9 \$/t para girasol o arroz.

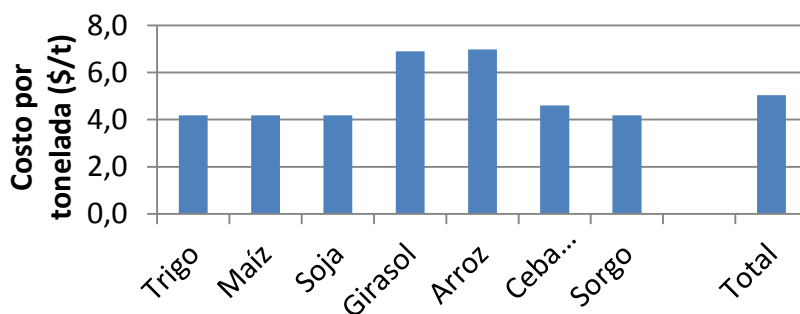


Figura 3. Costo de almacenamiento por tonelada para diferentes granos para una operación de 126 bolsas/año.

Es importante remarcar que para comparar el costo de hacer bolsas en el propio establecimiento versus mandar el grano directamente al acopio se deben tener en cuenta otros aspectos económicos, incluyendo el costo del transporte desde el campo hasta el acopio, costos de comercialización, costos de control de calidad y cantidad entregada, etc. También es importante resaltar que el presente artículo no tiene la intención de hacer un análisis de inversión en maquinaria para el embolsado, el cual se debería realizar a través de un análisis de inversiones y no a través de una estructura de costos.

## **Conclusiones**

Se desarrolló una aplicación para calcular el costo de embolsado de granos en silobolsas en base a una configuración de equipo de embolsado típico para Argentina, el cual incluyó una embolsadora, un carro tolva autodescargable, una extractora y dos tractores. El costo decreció desde 5,9 US\$/t para 15 bolsas/año a 5,03 US\$/t para 500 bolsas/año. El costo no cambia sustancialmente a medida que aumenta el número de bolsas, y más allá de las 100 bolsas por año permanece casi constante. Esto es debido a que la proporción de costos fijos es muy baja respecto de los costos variables. Para una operación de embolsado de tamaño medio (126 bolsas/año), las bolsas representan el 60% del costo, la mano de obra el 13% y el combustible el 24%. Por otra parte, los intereses, mantenimiento y amortización de la maquinaria solo representan el 3% del total. El costo de almacenamiento por tonelada es variable según el tipo de grano, variando entre 4,2 a 4,6 \$/t para trigo, maíz, soja y cebada a 6,9 \$/t para girasol o arroz.

Esta aplicación puede ser utilizada para que los interesados puedan calcular su propio costo de embolsado basados en su propia estructura de costos, modalidad de uso de la maquinaria, precios relativos de combustible, mano de obra, etc.

## **Bibliografía:**

Bartosik, R; Rodríguez, J; de la Torre, D y L. Cardoso. 2009. AireAr: a New Software for Sizing Aeration Fans. CIGR Section V International Symposium, September 1 to 4 of 2009, Rosario, Argentina.

Bartosik, R. 2012. An inside look at the silobag system. In: Navarro, S.; Banks, H.J.; Jayas, D.S.; Bell, C.H.; Noyes, R.T.; Ferizli, A.G.; Emekci, M.; Isikber, A.A., Alagusundaram, K. [Eds.]. Proceedings of the 9th International Conference Controlled Atmospheres and Fumigation of Stored Products, October 15 to 19 of 2012, Antalya, Turkey. Pp: 117-128.

Busato, P., Berruto, R., Cardoso, L., Bartosik, R. 2011. Logistics and economics of grain harvest and transport system with the use of silobag. ASABE Annual International Meeting. Paper N° 1100023

Cardoso, L., Bartosik, R.E., Milanese, D. 2009. Phosphine concentration change during fumigation in hermetic plastic bags (silobags). In: Proceedings of the International Commission of Agricultural and Biological Engineers, Section V. Conference, Technology and Management to Increase the Efficiency in Sustainable Agricultural Systems, pp. unpaginated

Cardoso, L., Bartosik R., Campabadal, C., de La Torre D. 2012. Air-tightness level in hermetic plastic bags (silo-bags) for different storage conditions. Proc of 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, CAF2012, pp. 583-589.

Ghida Daza, C., Alvarado, P., Castignani, H., Caviglia, J., D'Angelo, M., Engler, P., Giorgetti M., Iorio, C., and Sanchez, C. 2009. Indicadores Economicos Para la Gestion de Empresas Agropecuarias. Bases Metodológicas. Estudios Socioeconomicos de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción y Recursos Naturales. No. 11. Ediciones INTA. ISSN1851-6955.