

LOGISTIC ANALYSIS OF THE SILAGE PROCESS IN A CENTRAL SILO

Amiama Ares, C.¹; Sousa Lema, S.²; Campa Abad, Y.¹

¹ Universidad de Santiago de Compostela, ² Os Irmandiños Sociedad Cooperativa

The logistics of forage compaction in a bunker silo need a proper coordination of transports and packing devices. The objective is to ensure adequate storage conditions and forage maturity. But the logistics provides agility in the process, avoiding bottlenecks that slow down the whole harvest system.

In this paper we analyze the impact of the geometry and slope of the silo access ramp over the performance of the download and silage packing processes. In our trials we monitor the progress of the filling process, relating kg unloaded, the volume of forage without extending and the number of transports waiting with the variation in the silo dimensions silo at all times and ten number of packing and extend equipment involved in the process

Keywords: *Silage; Logistics; Monitoring*

ANÁLISIS LOGÍSTICO DEL PROCESO DE ENSILADO EN UNA CENTRAL DE MEZCLA HÚMEDA.

La logística necesaria para el acopio de forraje de forma centralizada conlleva la necesidad de una adecuada coordinación de los equipos transporte de forraje y los de extendido y compactación. Se busca garantizar unas condiciones de almacenamiento y maduración del forraje adecuadas, y al mismo tiempo lograr una agilidad en el proceso, evitando cuellos de botella que ralentizarían el conjunto del sistema de cosechado.

En este trabajo se analizará el impacto que tiene la geometría de la rampa de descarga y compactado que se genera al rellenar los silos, sobre el rendimiento de la operación de descarga del forraje. Se pretende realizar un control del avance volumétrico del relleno de los silos de forraje, relacionando los kg descargados, el volumen de forraje sin extender y el número de unidades de transporte en espera con las dimensiones del silo en cada momento y con los equipos de extendido y compactado que participan en el proceso.

Palabras clave: *Ensilado; Logística; Monitorización*

Correspondencia: Escuela Politécnica Superior, Campus Universitario s/n. C.P. 27002. Lugo, España.

1. Introducción

El Centro de Alimentación de Vacuno Irmandiños (CAVI), es una central de mezcla húmeda, que la cooperativa Os Irmandiños tiene instalada en el municipio de Barreiros. Esta instalación inicia su actividad de acopio de forraje en septiembre de 2008 y su puesta en marcha como central de fabricación y reparto de ración alimentaria se inicia en enero de 2009. El forraje ensilado procede en el inicio de la actividad de 500 hectáreas de las fincas de los usuarios consumidores. Actualmente CAVI alimenta en torno a 4.000 cabezas y dicho forraje procede de 1.500 hectáreas, por lo que genera un fuerte incremento en las necesidades de acopio de forraje.

En los últimos años, las granjas de leche del Noroeste de España se intensificaron en la producción de forraje, tratando de reducir el uso de concentrados, el cual permitió incrementar los márgenes netos de beneficio (Bueno et al., 2006). Los cultivos base para la elaboración de ensilado son los de maíz forrajero, pratenses y mezclas de cereal y leguminosa. Las fincas que se destinan a producción de forraje para ensilado, se sitúan en un marco geográfico muy amplio, con radios desde apenas unos 100 metros hasta los 60 km de distancia de la planta de almacenamiento.

El CAVI dispone en su sede central de 13 silos para almacenar forraje, dichos silos tienen diferentes dimensiones, en función del tipo de forraje al que se destinan en su fase de diseño. Los silos identificados y numerados del 1 al 8 ambos incluidos tienen dimensiones de 65 metros de largo, 5 metros de alto y 14 metros de ancho, los silos identificados con los números 9 ,10 y 11 conservan las mismas dimensiones de largo y alto pero tienen un ancho inferior, 9 metros. Los silos identificados con los números 12 y 13 tienen las mismas dimensiones de largo y alto, y su anchura es de 18 y 21,5 metros respectivamente.

En la figura 1, se pueden apreciar las dimensiones variables en ancho de los silos, que se diferencian según el tipo de forraje que se pretende almacenar en cada uno y los niveles de consumo diario en la fase de fabricación.

Figura 1. Vista general de los silos del CAVI



Dadas las magnitudes de este sistema centralizado, se requiere de una exquisita coordinación entre todos los equipos implicados en el sistema (cosechadoras de forraje, camiones y vehículos para compactado y extendido del forraje). Se pretende evitar que se produzcan “cuellos de botella” derivados de la llegada simultánea de varios camiones con forraje que hagan superar la capacidad de los equipos de extendido y compactación que existen en el silo (Buckmaster, 2005).

Figura 2. Proceso de descarga y compactación coordinado



En caso de desajustes en el sistema, se producirán atascos de los equipos de transporte en la zona de descarga de la planta, que derivarán a su vez en un incremento en los tiempos de espera de las cosechadoras.

2. Objetivos

En este estudio, se pretende analizar de forma exhaustiva, todo el proceso de control, gestión y supervisión del acopio, extendido y compactado del forraje. El objetivo del trabajo se centrará en analizar la influencia de las dimensiones de los silos y el nivel de llenado, sobre la capacidad de procesamiento de forraje en la planta. A medida que el silo se llena el extendido del forraje se hace más dificultoso, debido a la mayor pendiente de la rampa de acceso, lo que dificulta el transporte del forraje y la operación de compactado.

Las conclusiones derivadas de los análisis planteados, permitirán a los gestores de la instalación, tomar las decisiones adecuadas para mejorar el rendimiento y la flexibilidad del sistema de trabajo. Teniendo en cuenta que los condicionantes climatológicos, pueden implicar la concentración de la cosecha y acopio de forraje en la planta de mezcla húmeda, las posibles mejoras en el sistema de trabajo y control del transporte y la mercancía, redundarán en una mejor adaptación a condicionantes externos.

3. Metodología

La toma de datos para la elaboración de este trabajo se realiza durante la campaña de ensilado de maíz de 2012. Se evalúan los datos referidos a los silos identificados con los números 11 y 12, ya que al poseer distinta anchura, permiten determinar si se reflejan diferencias notables, en cuanto a maniobras de los vehículos, tiempo de descarga que influye directamente en el compactado y consecuentemente en el avance del ensilado. El silo 11 tiene una anchura de 9 metros y el silo 12 tiene una anchura de 18 metros. La altura y longitud son coincidentes en los dos silos, 5 m y 65 m respectivamente. El llenado de los silos se ha llevado a cabo los días 19, 20 y 21 de septiembre, en el caso del silo 11, y los días 6, 7 y 8 de octubre en el silo 12.

Para la determinación de la forma del silo en cada intervalo temporal, aprovechando la disposición de lonas plásticas en ambas paredes del silo para prevenir ataques al hormigón, se han realizado marcas verticalmente en las paredes del silo, separadas medio metro hasta una altura de 5 m y horizontalmente cada 10 m. Cada marca longitudinal se ha identificado con una letra, a modo de coordenada, para observar el avance del ensilado a medida que los vehículos descargan y se compacta el forraje.

Figura 3. Marcas visuales en las paredes del silo

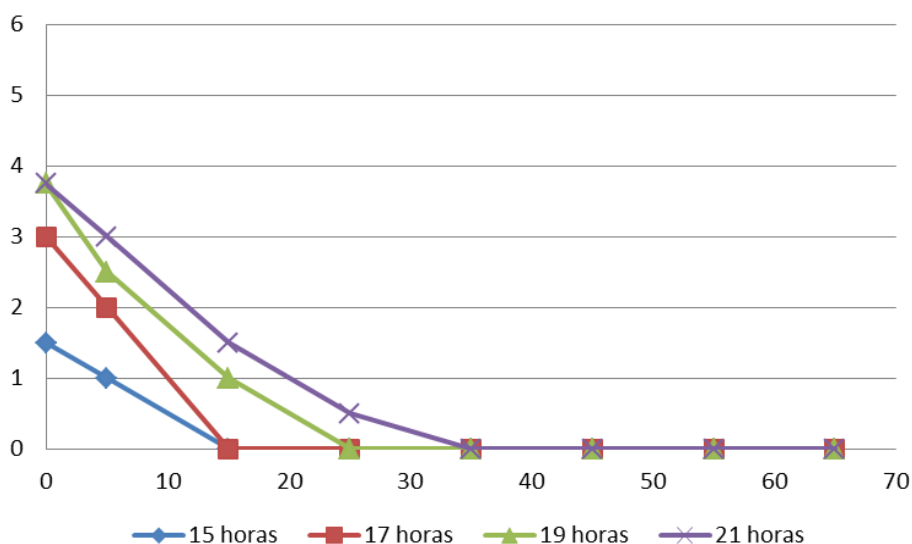
Cada media hora se ha determinado la evolución del ritmo de llenado y compactado, registrando los valores alcanzados por el forraje en las marcas graduadas pintadas en la lona. Adicionalmente al estado de avance se ha registrado el número de vehículos descargando el forraje, número de vehículos en cola para descarga, número de vehículos compactando el material y número de descargas de material sin extender. Con todos los datos recopilados se podrá asociar el estado de llenado del silo con la existencia de atascos en la descarga de los vehículos, teniendo en cuenta la cadencia de llegada de los mismos.

4. Resultados

Para el análisis de resultados se ha contrastado el flujo de entrada de forraje en el silo, para cada uno de los días analizados, con la morfología de la sección transversal del silo, y consecuentemente, la pendiente de la rampa de acceso al mismo. Se han identificado los atascos en silo, señalando aquellos períodos en los que los vehículos de transporte de forraje han tenido que esperar para realizar la descarga, ante la incapacidad de los vehículos de extender de despejar la zona de descarga.

Figura 4. Día 19/09/2012. Flujo de entrada de forraje en silo 11

Figura 5. Día 19/09/2012. Evolución del perfil longitudinal (m) en silo 11



Como puede observarse en las figuras 4 y 5 el día 19 no ha habido atascos en el silo, derivado del reducido nivel de ocupación, que facilita las maniobras de descarga y permite que los vehículos de transporte accedan al silo para efectuar la descarga directamente en su interior.

Figura 6. Día 20/09/2012. Flujo de entrada de forraje en silo 11

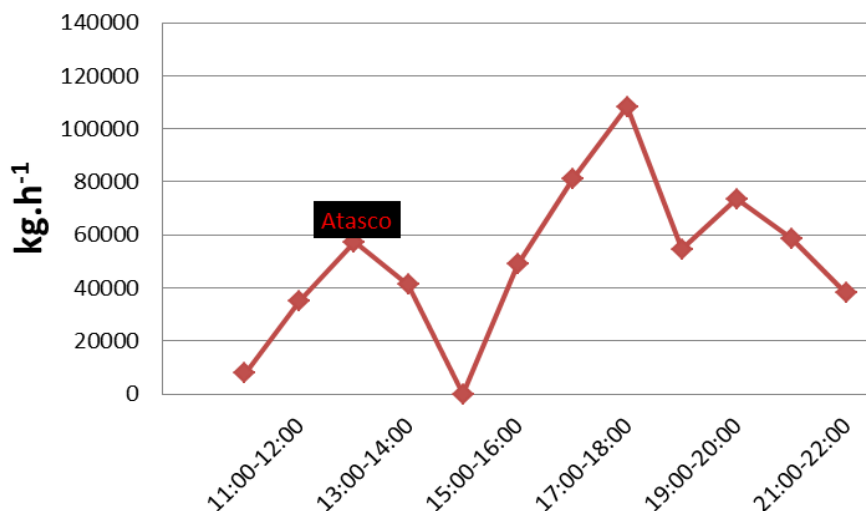
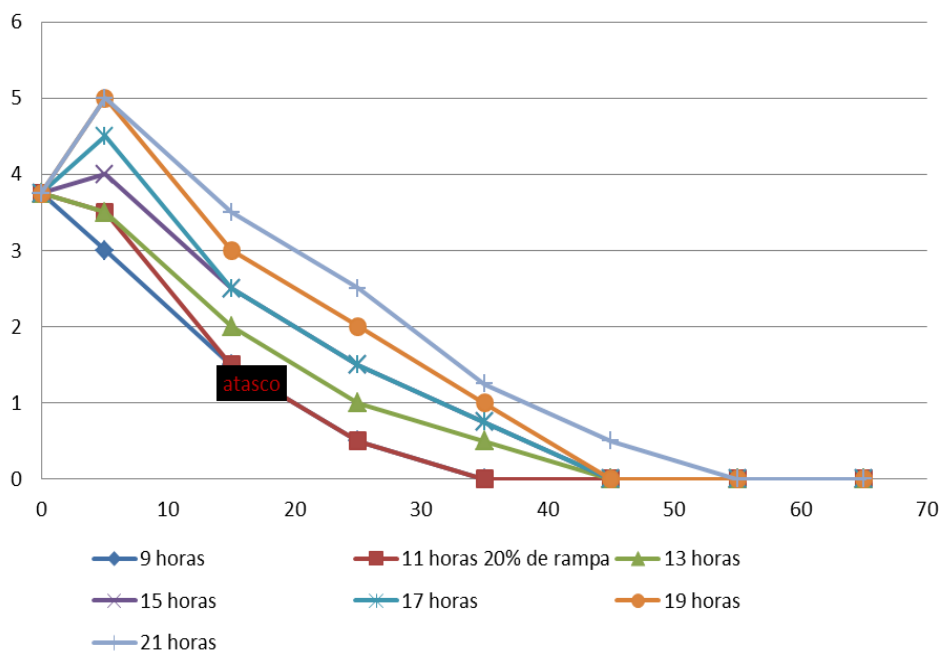


Figura 7. Día 20/09/2012. Evolución del perfil longitudinal (m) en silo 11



Analizando las figuras 6 y 7 observamos como se produce un atasco con un flujo de entrada de forraje de 60000 kg.h⁻¹. Sin embargo posteriormente se producen picos de hasta 110000 kg.h⁻¹ sin que se produzcan atascos. La razón en este caso habrá que buscarla en la forma que adopta la rampa, que al alcanzar un 20% de pendiente dificulta la subida de los camiones y tractores a descargar el material y estos deben de hacerlo en el área de maniobras. Teniendo en cuenta que se está llenando entre un 30 y un 60% del silo esta área se ve reducida.

Figura 8. Día 21/09/2012. Flujo de entrada de forraje en silo 11

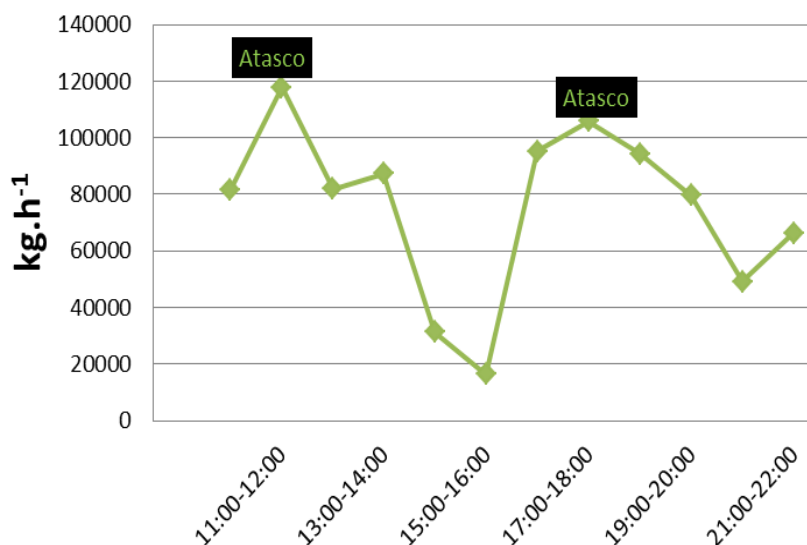
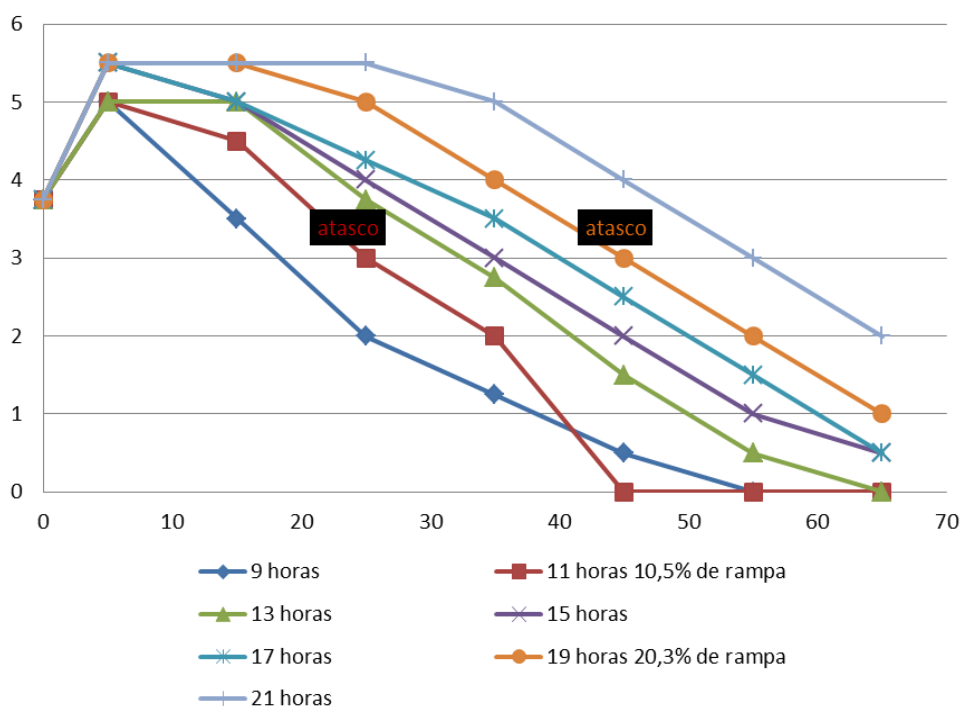


Figura 9. Día 21/09/2012. Evolución del perfil longitudinal (m) en silo 11



Evaluable los atascos producidos el último día de llenado del silo nº11, se observan dos atascos en distintas zonas horarias. En el primer atasco se produce una retención porque el flujo de entrada de forraje es elevado llegando a alcanzar 120000 kg.h⁻¹.

En el segundo atasco influye la posición de la rampa con un 20% de pendiente debido a que ya se está terminado el silo y hay que acondicionar la rampa al cierre del ensilado. El acopio de forraje es elevado alcanzando 100000 kg.h⁻¹ en la etapa final siendo el área de maniobras muy reducida, aspecto que adquiere más relevancia debido a la anchura del silo nº 11.

Figura 10. Día 06/10/2012. Flujo de entrada de forraje en silo 12

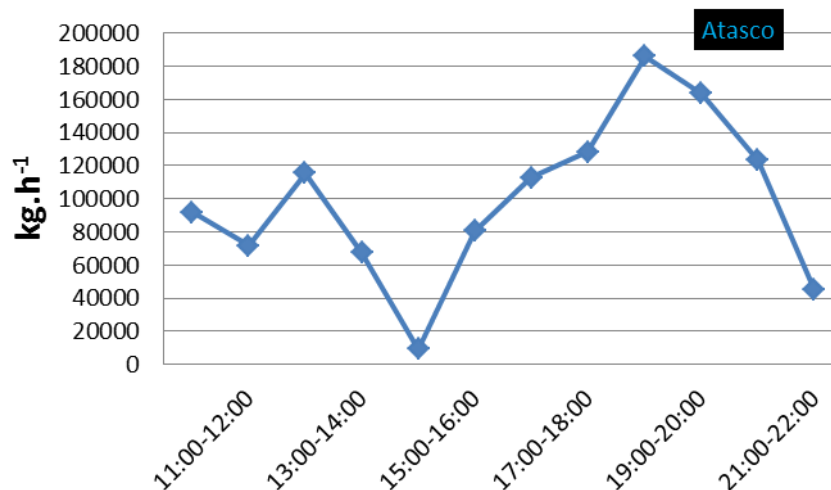
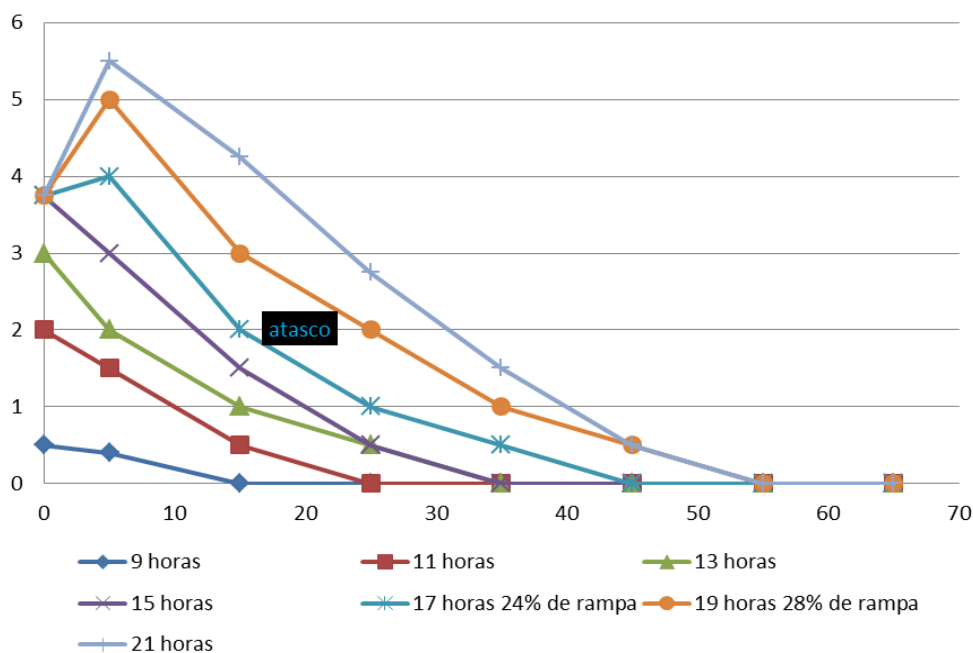


Figura 11. Día 06/10/2012. Evolución del perfil longitudinal (m) en silo 12



En las figuras 10 y 11 se observa que se produce un atasco el primer día de llenado el silo. El atasco se produce debido a que confluyen unas condiciones desfavorables, ya que la rampa evoluciona de un 24% a un 28% en una hora y el flujo de forraje es muy elevado, 180000 kg.h⁻¹. Con una pendiente de rampa de acceso a silo tan elevado los vehículos no acceden a al interior del silo, realizando la descarga en la parte frontal y obstruyendo el área de maniobras para los siguientes vehículos.

Figura 12. Día 07/10/2012. Flujo de entrada de forraje en silo 12

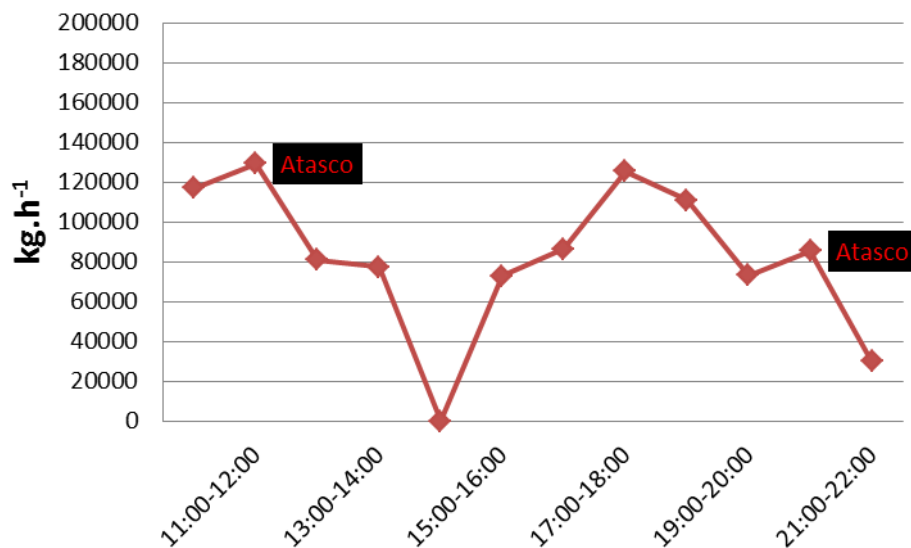
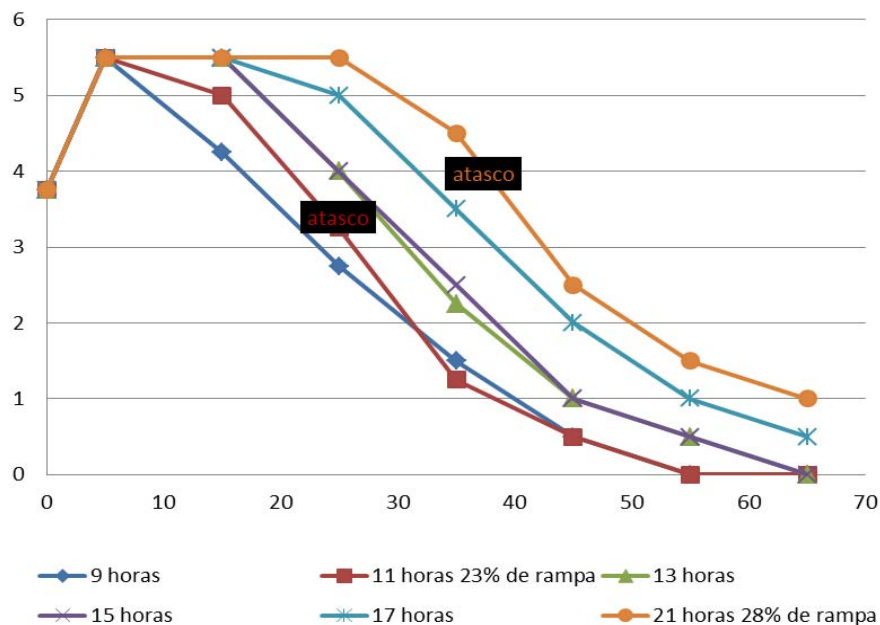


Figura 13. Día 07/10/2012. Evolución del perfil longitudinal (m) en silo 12



En las figuras 12 y 13 se observan dos atascos el segundo día de llenado del silo nº12. La justificación de ambos atascos no puede buscarse en la cantidad de forraje que llega al silo, ya que en ambos casos los valores alcanzados se han superado con creces el día anterior, sin que se hubiesen producido atascos. Consecuentemente la justificación ha de buscarse en la elevada pendiente de la rampa de acceso al silo.

Figura 14. Día 08/10/2012. Flujo de entrada de forraje en silo 12

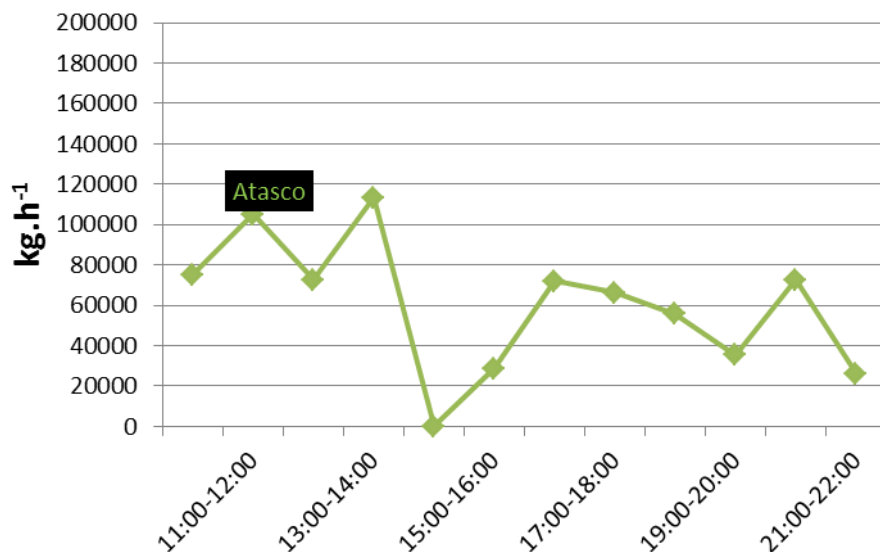
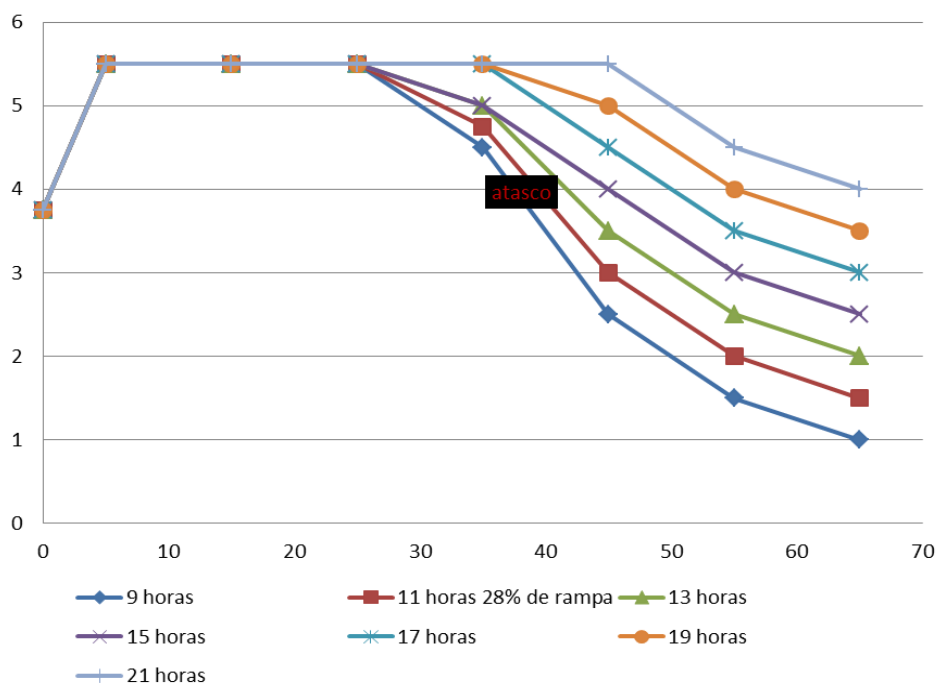


Figura 15. Día 07/10/2012. Evolución del perfil longitudinal (m) en silo 12



Las figuras 14 y 15 muestran como con cantidades de flujo de forraje inferiores a los dos días anteriores, ya se producen atascos. Este efecto se justifica porque el último día el área de maniobras es muy pequeña y los camiones invierten más tiempo en la descarga, formándose atascos.

Si se analizan los atascos se observan notables diferencias entre los dos silos considerados. En el silo nº11 con un flujo de forraje comprendido entre 50.000 y 100.000 kg.ha⁻¹ ya se

producen atascos, mientras que en el silo nº12 es a partir de 100.000 kg.h⁻¹ cuando empiezan a observarse incidencias en el extendido que retrasan la descarga de los vehículos de transporte.

La posición de la rampa de descarga es también un factor influyente en los atascos, ya que en función de esta los vehículos disponen de mayor área de maniobras y aproximación a la zona de descarga. Cuanto más retrasada está la rampa de descarga, mayor espacio de maniobra para la entrada y la descarga longitudinal del forraje. A medida que se avanza en el relleno del silo, existe menos espacio disponible para maniobras y mayor conflictividad en la gestión de entradas y aproximación a la rampa de descarga. Este efecto es más patente en el silo de menor anchura. En el silo nº11 con un 10% y un 20 % de pendiente de rampa se detectan atascos mientras, que en el silo nº12, es a partir del 20% de pendiente en la rampa de descarga, cuando empiezan a producirse retrasos en la descarga.

5. Conclusiones

Fruto del análisis realizado a partir de la observación de la operación de descarga y compactado de forraje (maíz forrajero) en el CAVI, se han podido extraer las siguientes conclusiones:

- El flujo máximo de entrada de forraje sin que se produzcan atascos, está condicionado por las dimensiones de los silos, ya que estas limitan la capacidad de maniobra de la maquinaria implicada en todas las operaciones (transporte, extendido y compactado).
- La posición de la rampa y la pendiente de la misma, es un factor determinante en el proceso de extendido y compactado. A medida que aumenta el volumen de forraje compactado, es prioritario aumentar la capacidad de compactación y gestionar correctamente el tráfico de vehículos de transporte y de maquinaria de extendido y compactado, para optimizar los tiempos de descarga y los tiempos disponibles para compactación.
- Los atascos observados en CAVI, se atribuyen tanto a los picos en el flujo de forraje que llega a la planta como a la posición y la pendiente de la rampa de descarga.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha podido realizarse gracias a la colaboración de la cooperativa "Os Irmandiños".

7. Referencias

- Buckmaster, D.R., Hilton, J.W. (2005). Computerized cycle analysis of harvest, transport, and unload systems. *Computers and Electronics in Agriculture*; 47: 137-149.
- Bueno, J., Amiama, C., Hernanz, J.L. (2006). No-tillage drilling of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.): Crop residue effects, yields and economic benefits. *Soil and Tillage Research*, 95 (0): 61-68.