

Maquinaria para el deshidratado industrial de la alfalfa

Reduce la humedad de la alfalfa en un tiempo mínimo, consiguiendo una alta calidad de forraje

El deshidratado industrial de la alfalfa ha pasado a ser uno de los aprovechamientos principales de este cultivo (en detrimento del heno y ensilado), concentrando el 75% de la producción de alfalfa en nuestro país, con más de 160.000 ha.

Actualmente, hay un gran desconocimiento de la maquinaria utilizada en dicho proceso, al entrar dentro del ámbito industrial y no del ámbito específicamente agrícola.

En este artículo se describe el proceso de deshidratado industrial con un análisis de los diferentes tipos de maquinaria utilizada y los criterios para su selección.

F. Javier García Ramos.

Escuela Politécnica Superior de Huesca.

Carlos Ayerbe Gracia.

Departamento de Ingeniería. Agro-Pirineos Ayerbe.

Jaime Ortiz-Cañavate.

Departamento de Ingeniería Rural. UPM.

El deshidratado industrial de la alfalfa se lleva a cabo en las plantas deshidratadoras mediante la técnica de secado por aire caliente. Este tipo de industrias ha crecido espectacularmente en España durante los últimos años, existiendo en la actualidad en torno a 82 plantas, de las que, aproximadamente, el 70% se ubican en el Valle del Ebro.

El objetivo de la técnica de deshidratado es reducir la humedad de la alfalfa hasta niveles en torno al 12-14% en un tiempo mínimo, produciendo así un forraje de elevada calidad, de modo que se reduzcan lo más posible las degradaciones de proteína y vitaminas del mismo. El desarrollo de estas industrias ha venido ligado a una política específica de subvenciones al sector deshidratador por parte de la Unión Europea (Reglamento CE 603195) que condiciona la forma de presentación del mismo antes de ser deshidratado industrialmente. Así, el forraje debe llegar a la planta deshidratadora picado, no empacado y con más del 30% de humedad. Este hecho ha permitido el auge en las explotaciones forrajeras de los remolques autocargadores en detrimento de las empacadoras que han visto reducida drásticamente su cuota de mercado.



Foto 1. Introducción del forraje en el alimentador mediante pala.

El procesado industrial de la alfalfa se obtiene mediante la combinación de un conjunto de máquinas que conforman una cadena cuyo objetivo final es la obtención de alfalfa deshidratada con un formato comercial regulado por la norma UNE 34.602 que, básicamente, puede ser de tres tipos: paca, gránulo y briqueta. Actualmente el producto más fabricado es la paca (aproximadamente el 60%) seguido del granulado (aproximadamente el 39%). La producción de briqueta es muy reducida, con porcentajes en torno al 1%.

La citada norma especifica dos tamaños de pacas: pequeña y grande. La paca pequeña tiene un peso máximo de 40 kg de modo que pueda ser manejada por una persona de características físicas normales. La paca grande, que es el formato más fabricado, precisa para su movimiento ayuda mecánica y suele pesar entre 500 y 750 kg. El forraje que conforma las pacas puede ser de fibra corta (trozos no superiores a 10 cm de longitud, normalmente entre 5 y 7 cm) o de fibra larga (trozos superiores a 10 cm, normalmente entre 30 y 35 cm), siendo estos últimos los más demandados actualmente.

El forraje granulado (también conocido como pellets) procede de la granulación del forraje molido adquiriendo la forma de un cilindro compacto con un diámetro mínimo de 3 mm y máximo de 13 mm y una longitud máxima de 6 cm. En la actualidad se tiende a diámetros entre 5 y 6 mm y a longitudes de 4 cm. El destino de este producto es la fabricación de piensos y la alimentación del ganado ovino.

Las briquetas se obtienen a partir de masa de forraje picado de fibra corta que, sometida a presión, adquiere la forma de un paralelepípedo compacto con lados de aproximadamente 3,5 cm. Se utilizan principalmente en



Foto 2. Alimentador sin triturador (fibras largas y cortas).



Foto 3. Trómel rotativo.

la alimentación de ganado extensivo (vacuno, equino y bravo) en las dehesas.

Descripción general del proceso

El periodo de retención máximo de la alfalfa desde su entrada en la planta transformadora hasta su procesamiento debe ser inferior a 24 horas. Normalmente el forraje se almacena en una explanada de recepción hormigonada y a partir de ahí se introduce en el alimentador mediante pala cargadora (fotos 1 y 2). En la figura 1 se adjunta un esquema del conjunto de máquinas utilizadas en una planta deshidratadora. El ele-

mento encargado de secar el producto es el trómel rotativo (foto 3), cuya característica principal es la capacidad de evaporación en litros de agua por hora. El forraje llega al trómel desde el alimentador (transportador de fondo móvil). El trómel es un tambor horizontal en cuyo interior hay paletas de volteo y retención y trabaja a una velocidad de giro variable para poder modificar el tiempo de permanencia del forraje dentro del tambor en función de su contenido en humedad (normalmente entre siete y ocho minutos para una humedad del 40% y temperatura de entrada de 450 °C). El aire caliente utilizado en el trómel es suministrado por un

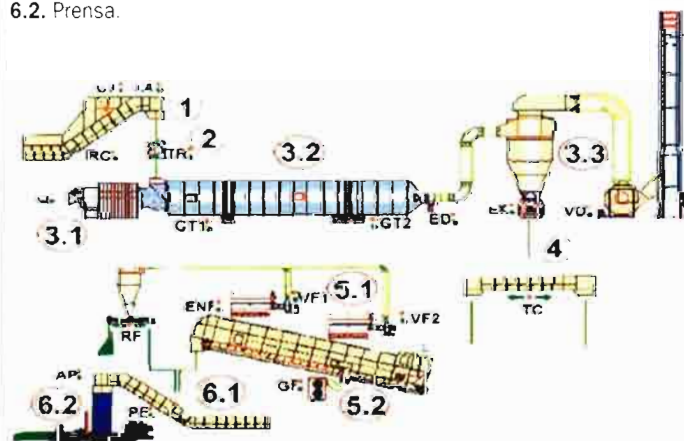


Foto 4. Quemador de gas.

FIGURA 1.

ESQUEMA SINÓPTICO DE UNA PLANTA DE DESHIDRATADO DE FORRAJES.

1. Alimentador. 2. Triturador. 3.1. Quemador. 3.2. Trómel. 3.3. Decantación. 4. Transportador. 5.1. Enfriador. 5.2. Generador de frío. 6.1. Transportador. 6.2. Prensa.



horno o quemador (foto 4) que puede ser alimentado por fuel-oil, gasoil, gas natural o biomasa. El aire caliente proveniente del horno entra al trómel ayudado por una corriente de aspiración de aire originada en el extremo opuesto por un ciclón.

A la salida del trómel se dispone un ciclón decantador (foto 5) para separar el aire caliente del forraje deshidratado. El aire asciende por el ciclón y el forraje, debido a su mayor peso, cae al fondo del mismo. El vapor de agua y el aire caliente son expulsados a través de una chimenea mientras que el polvo y partículas finas son decantados. Otro sistema de decantación utilizado actualmente es el decantador a la salida del trómel, que básicamente consiste en un cajón ce-

rrado de gran superficie en el que cae por gravedad el producto a la salida del trómel; la mezcla de aire y vapor es aspirada por la parte superior hacia un ciclón de alta eficiencia. En este ciclón se decantan las partículas más finas que no se han quedado en el decantador.

A partir del ciclón decantador se deben disponer los elementos necesarios para dar al forraje el formato comercial deseado (normalmente paca o gránulo). Para el caso de pacas se utiliza la línea de empaquetado. El primer elemento de la línea de empaquetado es el enfriador (foto 6), consistente en una cinta transportadora perforada o con entradas laterales a través de la cual se hace circular una corriente de aire frío para reducir la temperatura del fo-

CUADRO I.

CARACTERÍSTICAS DE LAS MÁQUINAS REQUERIDAS EN EL PROCESO DE DESHIDRATADO

QUEMADOR y HORNO	Tipo combustible	Potencia térmica máxima y mínima	Material de construcción	Dimensiones horno	
	Fuel-oil Gasóleo Gas natural Gas propano Aceites reciclados Biomasa	1.000.000 a 15.000.000 kcal/h	Ladrillo refractario, acero, etc.	Longitud: 3-7 m Diámetro: 1-3 m	
TRÓMEL	Evaporación máxima y nominal y a qué temperatura de entrada	Sistema de tracción y consumo eléctrico	Material de construcción y aislamiento	Dimensiones trómel	Sistema interior de palas
	2.000 a 20.000 l/h 350 °C a 800 °C	Por corona dentada. Por banda de rodadura. (7,5 a 37 kW)	Acero al carbono AISI316	Diámetro: 2-4 m Longitud: 12-25 m	Simple paso Triple paso
VENTILADOR	Caudal de trabajo (35.000 a 100.000 kg/h)	Consumo eléctrico (75 kW a 250 kW)			
DECANTACIÓN	Tipo	Dimensiones ciclón y/o decantador		Dimensiones chimenea salida	
	Ciclón o decantador	Diámetro ciclón 2,8 a 4,2 metros		18 a 25 m	
ESCLUSA	Dimensiones	Consumo eléctrico			
	Diámetro esclusa 1,1 a 1,8	11 a 22 kW			
GRUPO DE FRÍO	Potencia frigorífica	Consumo eléctrico	Tipo de refrigerante	Dimensiones	
	35 a 240 kW	25 a 150 kW	Refrigerante grupo 1º, R-22	Equipo 87 kW: 1.500x2.500x2.100	
PRENSA	Producción	Consumo eléctrico	Sistema de atado	Dimensiones	
	5.000 a 20.000 kg/h	30 a 160 kW	Alambres, cuerdas, etc.	Paquete 39x39 a 110x85 cm	

Características de las máquinas requeridas

A la hora de poder diseñar una planta deshidratadora es necesario saber cuáles son las características o la oferta comercial de las máquinas requeridas en el proceso. Así, cada tipo de máquina viene caracterizado por una capacidad de trabajo y unos datos técnicos específicos relativos a su funcionamiento (**cuadro I**). Es importante solicitar al fabricante una tabla de capacidad de evaporación y producción a las temperaturas y humedades de trabajo (**cuadro II**), puesto que el dato de máxima capacidad de evaporación se suele dar con condiciones de trabajo que no se alcanzan en la práctica (por ejemplo, a temperaturas en la entrada de 800 Cº). Las dimensiones de la planta vienen condicionadas por la capacidad de evaporación de la misma (**cuadro III**).

Dimensionamiento de la instalación

Además de conocer las características de las máquinas disponibles en el mercado es necesario realizar un correcto dimensionamiento de la instalación en función de la cantidad de forraje a procesar.

Para ello, hay que considerar los siguientes datos de partida:

- Numero de hectáreas de cultivo.
- Producción estimada en seco (kg/ha). Se puede obtener una estimación de estos datos de las producciones medias de cada zona.
- Producción horaria de producto húmedo kg/h al 35%.
- Producción de producto húmedo a la hora (kg/h) = Producción producto húmedo al año /horas de trabajo. Las horas de trabajo se deben estimar sobre los nueve meses que dura la campaña. Para una estimación se pueden tomar dieciséis horas de trabajo diarias durante los días laborales.
- Por ejemplo, en Aragón se obtienen producciones de 12.000 a

rraje deshidratado hasta valores de temperatura ambiente (20-25 °C). Desde el enfriador el forraje pasa a la prensa (**foto 7**), accionada hidráulicamente, que realiza sucesivas prensadas para conformar la paca. Actualmente se realizan pacas grandes con longitud entre 1,5 y 1,7 m y sección de 0,8 x 1 m (**foto 8**).

Si se desea realizar gránulo, el forraje pasa a la línea de granulación cuyo primer elemento puede ser (no siempre se instala) una picadora para reducir el tamaño de las fibras. A partir de ahí el forraje pasa a un molino para producir harina, que posteriormente será granulada en la granuladora. Las granuladoras compactan la harina por centrifugación y conforman el diámetro deseado mediante la ayuda de una criba. A



Foto 5. Sistema de decantación.

la salida de la granuladora hay un enfriador de gránulo constituido normalmente por un enfriador vertical con un ciclón.

Una vez confeccionado, el forraje es almacenado para su posterior distribución. Para ello la norma UNE 34.604 especifica los requerimientos que deben cumplir los almacenes y la forma de almacenar el producto dentro de los mismos. Como principales características, no se admiten almacenes con suelos de tierra para evitar humedades y si se almacenan otros productos o artículos distintos del forraje deben ubicarse en dependencias separadas. Además, el almacén debe disponer de ventilación natural con al menos dos aperturas situadas una frente a la otra, o ventilación artificial mediante extractor.



Foto 6. Enfriador.



Foto 7. Prensa empaquetadora.

15.000 kg/ha en cada corte. Tomando como dato de partida 12.000 kg/ha, y partiendo del caso más común en el que la mayoría de producto entra a la planta al 35% de humedad, podemos obtener lo siguiente:

Producción de producto húmedo (kg) al 35% = 12.000 kg/ha x nº hectáreas de cultivo x nº cortes al año (el nº de cortes al año depende de varios factores aunque fundamentalmente es el climatológico. Así, podemos encontrarnos que en el sur de España se realizan hasta siete cortes y en el norte cinco).

A partir de estos datos se calcula la capacidad de evaporación del trómel:

Evaporación (litros/h) = Producción horaria en húmedo x (Hi-Hf)/(100-Hf)

Hi = 35 (humedad inicial)

Hf = 14 (humedad final)

Hay que considerar que esto sería una estimación aproximada, debiéndose ceñir los cálculos

a cada caso en particular.

Con la capacidad de evaporación se puede escoger el modelo de trómel que el fabricante disponga. Para la deshidratación de fibra larga es fundamental que el trómel sea de simple paso porque los trómeles de triple paso originan atascos e incendios continuamente.

Otro dato importante es el cálculo de la potencia térmica necesaria para el secado. Para este cálculo se parte del dato del consumo térmico específico (CTS) que son las Kcal/h por kg de agua evaporada. Considerando alfalfa a la entrada con un 35% de humedad y temperatura a la entrada del trómel de 350°C, se toma un valor de 1.000 kcal/h. Éstas son las condiciones límites

reglamentadas por el FEGA para cumplir con los requisitos de las subvenciones comunitarias. Así:

$Q = \text{Energía térmica necesaria para el secado} = \text{Evaporación} \times \text{CTS}$

La evaporación y la energía térmica necesarias para el proceso son los datos fundamentales para realizar una adecuada elección de la deshidratadora. El resto de características pertenecen

al diseño particular de cada fabricante.

La prensa empaquetadora y el enfriador deben disponer de una capacidad máxima de producción superior a la capacidad de producción máxima del trómel de secado. Por ello, es importante que el fabricante suministre la tabla de producciones a diversas humedades. ■

Documentación:

Agro-Pirineos Ayerbe.

CUADRO II.

EJEMPLO DE PRODUCCIONES DE UNA DESHIDRATADORA.
CAPACIDAD MÁXIMA DE EVAPORACIÓN DEL TRÓMEL DE 9.000 L/

HUMEDAD INICIAL (%)	HUMEDAD FINAL (%)	CONSUMO TÉRMICO ESPECÍFICO (KCAL/H POR KG DE AGUA EVAPORADA)	TEMPERATURA SECADO (°C)	PRODUCCIÓN (KG AL 14% HUMEDAD)	CONSUMO (KCAL/H)	m³ GAS NATURAL/T
80	14	807	850 °C	2.727	7.263.000	305
70	14	815	750 °C	4.050	6.161.400	174
60	14	833	650 °C	6.026	5.772.690	109
50	14	868	530 °C	9.000	5.624.640	71
45	14	895	480 °C	10.858	5.477.400	57
40	14	940	430 °C	12.461	5.076.000	46
35	14	990	380 °C	13.371	4.276.800	36
30	14	1062	350 °C	13.781	3.345.300	27

CUADRO III.

DIMENSIONES DE LA MAQUINARIA EN FUNCIÓN DE LA EVAPORACIÓN DE LA PLANTA

EVAPORACIÓN DE LA PLANTA (L/H)	LARGO (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)
5.000	50	25	20
10.000	56	25	25
15.000	60	25	25



Foto 8. Paquetes acabados.