

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

COAVRE se fundó en 1958 con la finalidad de proporcionar piensos de calidad a unos precios asequibles para todas las ganaderías que en aquel momento se estaban desarrollando en España. La necesidad de asegurar el suministro de materias primas de calidad y piensos equilibrados y seguros a un coste razonable fue lo que motivó a un grupo de ganaderos avícolas pioneros en Valencia a constituir la Cooperativa de Avicultores Reunidos de la Provincia de Valencia (COAVRE).

Con los años, lo que empezó en un almacén de la localidad de Silla (Valencia) mezclando materias primas con una pala y fabricando un total de 1.000 toneladas de pienso en el año 1958, se ha convertido en una fábrica dotada de una amplia maquinaria y totalmente automatizada a través de un sofisticado sistema de control de procesos, que ha conseguido alcanzar una producción total de pienso de 140.640 toneladas en el pasado año 2021 para las principales especies de animales productoras de alimentos (huevos, carne, leche) como gallinas, pollos, cerdos, conejos, terneros o vacas.

Actualmente, COAVRE tiene como objetivo conseguir una producción más sostenible y eficiente a nivel energético. Para ello, en los últimos años se ha implementado un sistema de monitorización energética en continuo de la maquinaria e instalaciones del proceso productivo, donde a través de un software y equipos específicos, los datos de consumo energético son registrados por analizadores de red, para ser visualizados en un SCADA energético con el contenido del sinóptico del proceso de fabricación y posteriormente ser analizados.

1.2. Introducción al proceso productivo

Se define *pienso compuesto* como la mezcla de al menos dos materias primas para piensos, tanto si contienen aditivos para piensos como si no, para la alimentación de los animales por vía oral en forma de pienso completo o complementario.

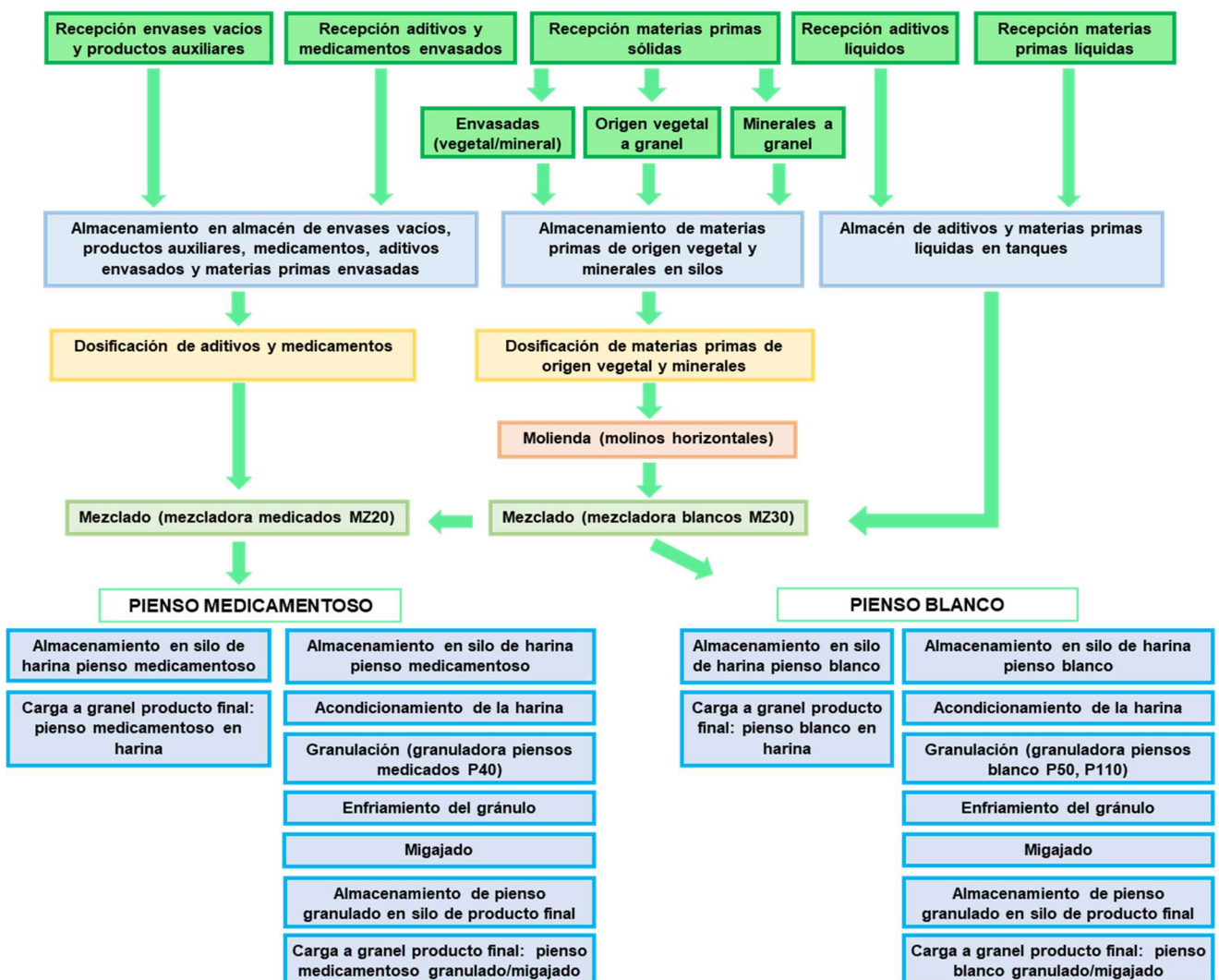
El primer paso en el sistema de producción de piensos compuestos es la formulación. Consiste en calcular fórmulas o mezclas de alimentos para cubrir las necesidades nutricionales de las diferentes especies y etapas productivas al mínimo coste, mediante programación lineal. Las fórmulas varían constantemente dependiendo del precio de las materias primas, de su calidad y aporte nutricional y de su disponibilidad. Combinando materias primas sólidas y líquidas, minerales y aditivos se consigue una dieta equilibrada y de calidad que tiene como resultado el desarrollo óptimo de los animales.

Una vez se define la fórmula que se va a fabricar, comienza el proceso productivo para la elaboración de pienso compuesto. A diferencia del sistema de fabricación de piensos compuestos convencional, donde se realiza la molienda de cada materia prima por separado antes de ser mezcladas, COAVRE se caracteriza por tener un sistema productivo conocido como premezcla, en el cual se realiza una mezcla inicial de las materias primas, que serán molidas conjuntamente tras su dosificación, consiguiendo una mayor eficiencia energética.

Todo el circuito de fabricación está automatizado con un programa de control de proceso que permite sincronizar todas las fases con los ordenadores de cabina de control. A través de este programa de control, los trabajadores pueden visualizar en todo momento en un SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) de control el proceso y detectar fallos o anomalías mediante un sistema de alarmas que, además, quedan registradas para su corrección y posterior seguimiento.

El Esquema 1 muestra el diagrama de flujo con las etapas del proceso que se describirán a continuación.

Esquema 1. Diagrama de flujo

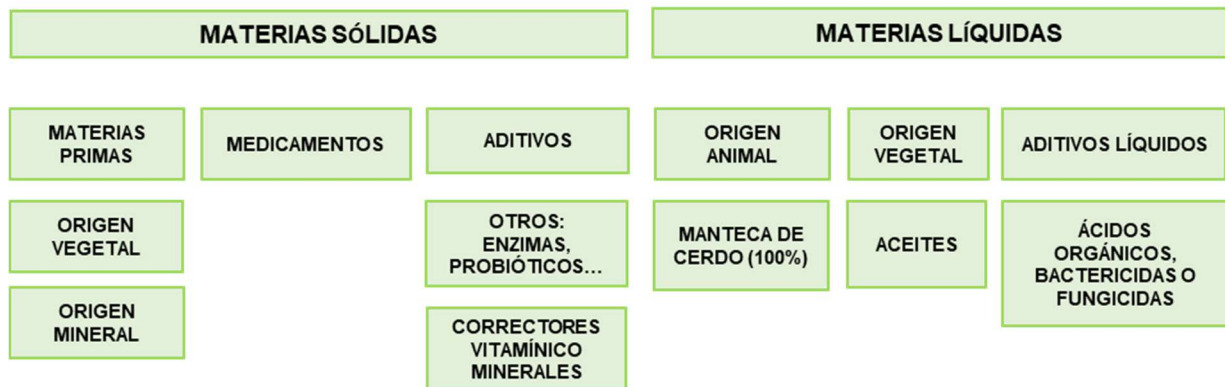


1.3. Descripción del proceso productivo

1.3.1. Recepción y almacenamiento de materias primas, aditivos y productos auxiliares

Como se observa en el diagrama de flujo, la primera fase del proceso productivo es la recepción de materias primas (sólidas y líquidas), aditivos (sólidos y líquidos) y medicamentos. Todos estos ingredientes serán almacenados en función de su naturaleza. Los diferentes productos que se reciben en COAVRE se pueden clasificar de la siguiente manera:

Esquema 2. Almacenamiento materias primas.



Antes de la recepción de cualquiera de estas materias, se lleva a cabo una evaluación de proveedores. Esta evaluación la realizan conjuntamente el departamento de compras y el departamento de calidad. De esta manera, se establecen criterios tanto de seguridad alimentaria como medioambientales que el proveedor deberá cumplir para homologarse como proveedor de la empresa. Además, cuando procede, la evaluación incluye visitas y auditorías en planta.

La recepción de materias primas, aditivos y medicamentos se realiza conforme al Plan de Control de Calidad y Seguridad Alimentaria y, en base a las tolerancias indicadas en las especificaciones, se aceptan o rechazan los productos. Con el objeto de obtener una muestra representativa de cada partida, la inspección por muestreo de los camiones se realiza mediante una sonda neumática toma-muestras, tal como puede verse en las Ilustraciones 1 y 2.



Ilustración 1. Sonda neumática toma-muestras.



Ilustración 2. Toma de muestra con sonda neumática.

La recepción y descarga de las materias primas a granel se realiza a nivel de una tolva de recepción o piquera, que mediante transporte mecánico distribuirá las materias primas a sus correspondientes silos de destino. Desde la cabina de control, se le asignará un Lote de Entrada (LE), que quedará registrado en el programa de control. Todos los lotes podrán ser trazables a lo largo del proceso productivo.

Para evitar contaminaciones cruzadas en la descarga o errores en el silo de destino del producto y garantizar la trazabilidad del lote, la descarga a granel se realiza mediante tecnología RFID y tarjetas de control, que se codifican en la cabina de control y se entregan a los transportistas. Al pasar la tarjeta por un lector, éste detecta si la materia prima a descargar es correcta y autoriza la descarga (Ilustraciones 3 y 4).



Ilustración 1. Tecnología RFID. Tarjeta y lector.



Ilustración 2. Descarga en tolva piquera.

En la Ilustración 5 se presenta el cuadro sinóptico SCADA de producción, que permite el seguimiento del proceso de producción en tiempo real.

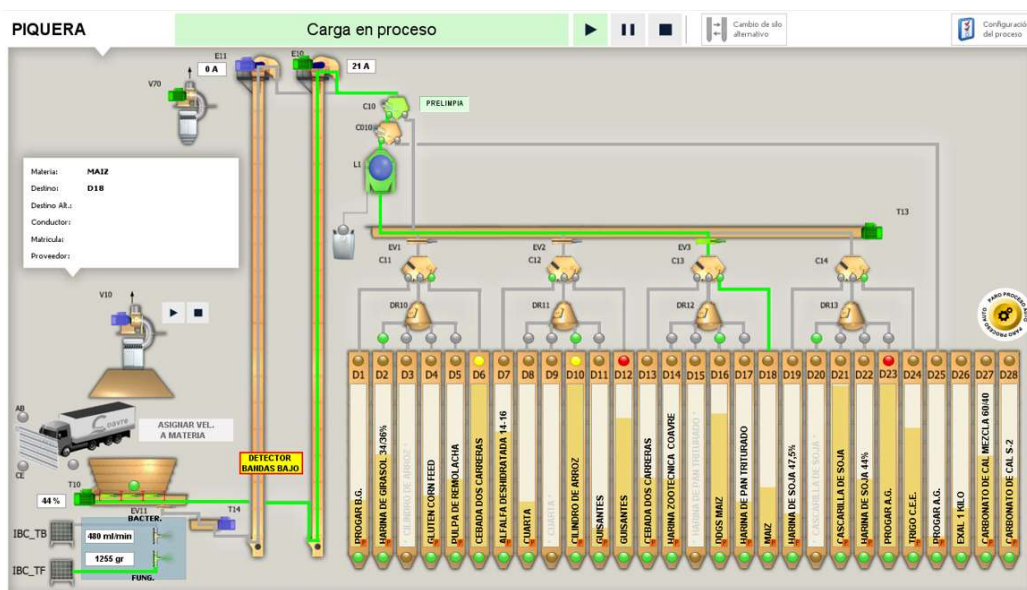


Ilustración 3. Sinóptico SCADA de producción.

La piquera cuenta con una malla o rejilla en la tolva de descarga que evita la entrada impurezas físicas en los silos (piedras, trozos de madera...), una pre-limpia y un imán para retener impurezas metálicas.

COAVRE dispone de veinticuatro silos destinados al almacenamiento de materia prima de origen vegetal. Ocho de ellos tienen una capacidad teórica de 330 m³ y están diseñados especialmente para el almacenamiento de cereales, por lo que cuentan con roscas de dosificación que facilitan el flujo de producto. La capacidad de las celdas restantes es de 80 m³ para el almacenamiento de harinas y cuya extracción se realiza mediante rasera deslizante temporizada (Ilustración 6).

La descarga de minerales a granel se lleva a cabo por transporte neumático y se envía a silos de 50 m³ provistos de rosca de dosificación. La entrada de este producto se autoriza desde el programa informático donde, como ocurre con las materias primas, se le asigna un lote de entrada y una celda de destino. Estos silos cuentan con válvulas de sobrepresión y filtros de mangas para garantizar que la descarga por neumática sea segura.

Las premezclas vitamínico-minerales se reciben en big-bags, que son descargados a celdas cilíndricas destinadas para correctores con una capacidad de 3 m³, donde son almacenados.

Los medicamentos y otros aditivos sólidos que entran envasados se almacenan en estanterías habilitadas en un almacén y se codifican para ser trazables, asignándoles también un lote de entrada. El almacenamiento de estos productos envasados se realiza conforme a un sistema FIFO (First In, First Out) utilizando como criterio la fecha límite de incorporación.

La recepción de líquidos se lleva a cabo a través de descarga neumática y se envían a tanques calorifugados de 30 ó 40 m³ tras pasar por un filtro de retención de impurezas (Ilustración 7). Antes de la descarga, el responsable del control de calidad exige un certificado de pureza del líquido a descargar. Además, como ocurre con el resto de las recepciones, se le asigna un lote de entrada al producto que permite realizar trazabilidad sobre cada descarga.

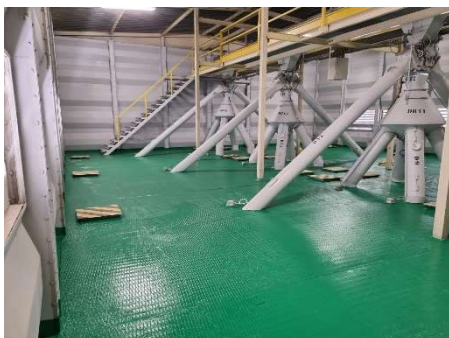


Ilustración 6. Silos de materia prima.



Ilustración 7. Tanque de líquidos.

1.3.2. Dosificación y pesaje de los productos

El proceso de dosificación comienza con la sincronización de la fórmula que se va a fabricar desde la base de datos (E.R.P., Enterprise Resource Planning) hasta el ordenador de fábrica. A continuación, desde la cabina de control se genera una orden de fabricación que da comienzo a la ruta. El orden en el cual se van a dosificar las materias primas está previamente establecido en la fórmula.

Las materias primas de origen vegetal se dosifican y pesan en una báscula con una capacidad de 6.000 litros provista de cuatro células de carga. Esta dosificación puede realizarse de dos formas, según las características físicas de la materia prima. Generalmente, los cereales se dosifican a través de una rosca sinfín y las harinas y los pellets mediante raseras deslizantes. Para cada producto se establecen unos parámetros de afinado, tolerancia de dosificación y cola de caída, que permiten regular la precisión de la dosificación y su calidad. El *afinado* son los kilos que han de ser dosificados a una segunda velocidad más baja para los silos que disponen de rosca sinfín. Para ello se utilizan variadores de velocidad, que permiten prefijar una velocidad determinada más baja para completar el peso solicitado de manera más exacta. Para la dosificación con rasera deslizante (cierre extractor dosificador con dos detectores), la dosificación se establece mediante tiempo, fijando un % de tiempo de apertura de fino y otro de grueso, donde 100% = 1". A menor %, menos tiempo se abrirá la rasera y por tanto más pequeño será el caudal de caída. Esto es posible gracias a los detectores de posición que tienen estas raseras. La *tolerancia* se define como la cantidad máxima en kilos que se puede desviar en la dosificación de una materia prima respecto a la cantidad indicada en la fórmula. Cuando se supere esa cantidad, el SCADA de control lanzará una alarma para corregir esa desviación. El error de tolerancia puede ser tanto negativo como positivo. De ser negativo, el programa indicará que no se ha alcanzado la cantidad indicada de esa materia prima en la fórmula del pienso, por lo que el operario de control podrá añadir manualmente los kilos que faltan. En el caso de ser positivo, es decir, una demasía, se corregirá en la siguiente mezcla. El último concepto a definir es la *cola de caída*, que son los kilos que tras dosificar la cantidad solicitada quedan por inercia en el aire (vena). El programa informático de fabricación regula de manera automática las colas de caída gracias a un histórico de errores que permite sacar un factor de corrección. Esta cantidad dependerá del peso específico de la materia prima, de su textura, granulometría, etc.

Los minerales y las premezclas vitamínico-minerales se dosifican desde silos y celdas de almacenamiento a unas básculas específicas para estos productos. Las materias y aditivos líquidos se dosifican directamente a la mezcladora mediante contadores volumétricos de tipo caudalímetros de ruedas ovaladas y contadores electromagnéticos de corrientes inductivas (sistemas de medición electromagnética de caudal).

Por último, las premezclas medicamentosas y algunos aditivos son dosificados manualmente en una estación de preparados mediante el programa informático de producción. A partir de los pedidos y las propuestas de fabricación, el encargado de fábrica genera una orden de dosificación de estos productos que pasa al ordenador de la estación de preparados manuales. El operario, identificando los productos a través de un lector de código de barras, pesa las cantidades exactas que el programa le solicita. La cantidad pesada se introducirá en bolsas de papel, en las que se protegerá su contenido cerrándolas, a las cuales se les colocará una etiqueta con el Lote de Fabricación (LF) y su correspondiente código de barras. Estas bolsas serán dosificadas a través del tolván para preparados manuales directamente a la mezcladora empleando un nuevo lector de código de barras que identifica si la bolsa a dosificar es la adecuada (Sistema HMI).

1.3.3. Molienda

Tras la dosificación de todas las materias sólidas, cada mezcla es transportada mecánicamente mediante transportadores y elevadores hasta una celda de espera pre-molineda (TEMOL). En la entrada de esta celda existe un imán para separar impurezas existentes en las materias dosificadas. Cuando los molinos estén preparados, la mezcla saldrá de esta celda y pasará por una criba circular con una luz de malla de 2.38 mm, donde se separarán aquellos productos que por pequeña granulometría no precisen ser molidos, pasando vía by-pass directamente a la tolva post-molienda.

El objetivo de la fase de molienda es conseguir que la mezcla tenga un determinado tamaño de partícula en función de la presentación del pienso que se quiere conseguir (harina, gránulo o migaja) y la especie de destino.

La entrada de materia prima a los molinos se realiza a través de los alimentadores (Ilustración 8), que regulan el caudal de entrada hacia la cámara de molienda. Para ello, los alimentadores disponen de variadores de frecuencia, lo que permite que cuando el consumo del motor del molino baja de la intensidad nominal, el alimentador aumenta su velocidad (r.p.m), regulando el caudal al enviar más producto.

La molienda se lleva a cabo en dos molinos de martillos oscilantes con rotor horizontal y potencia 180 CV/1.500 r.p.m. Cada molino cuenta con 168 martillos repartidos en 12 ejes horizontales (14 martillos/eje) (Ilustración 9). En función de la granulometría de la harina que se desea conseguir, se colocan en los molinos parrillas de molturación con una determinada luz de malla circular (Ilustración 10) y se establece una velocidad de molienda concreta gracias a un sistema de variadores de frecuencia.



Ilustración 8. Alimentador y molino



Ilustración 9. Martillos. Comparación martillo desgastado / nuevo.



Ilustración 10. Criba (parrilla) de molienda.

En el proceso de molienda el material es golpeado por el conjunto de martillos, produciéndole una primera rotura por impacto. A continuación, tras ser golpeado por los martillos, es impulsado contra el techo de la cámara de molienda, dotado con unas placas de choque estriadas que produce la segunda rotura del material. Por último, el material pasa a través de las parrillas provistas de pequeños orificios (luz de malla) donde se produce una tercera rotura por cizalladura. A mayor diámetro de luz de malla, mayor será el tamaño de partícula de la harina que se obtenga.

Puesto que el desgaste de los martillos y la placa de choque modificará la calidad de la harina, los molinos cambian su dirección de giro cada 8 horas para garantizar que el desgaste de martillos se realice de forma homogénea.

La velocidad de molienda y el tamaño de la luz de malla quedan establecidas en el programa de fabricación para cada fórmula conforme a las indicaciones del Responsable de Producción, que junto al encargado de fábrica, introducen estos parámetros en las fichas de cada fórmula (artículo) previamente a su fabricación.

1.3.4. Mezcla

El objetivo principal del mezclado de ingredientes es asegurar que el animal reciba diariamente todo el aporte nutricional formulado de manera homogénea.

COAVRE cuenta con dos mezcladoras horizontales de 6.000 litros de capacidad útil para mezclas de 3.000 kg, una para la línea de fabricación de piensos blancos (MZ30) y una para la línea de piensos medicamentosos (MZ20). Ambas son mezcladoras con rotor de cintas contrapuestas (hélice), accionadas por un motorreductor directamente acoplado al eje rotor, con una potencia de motor de 40 CV/26 r.p.m. (Ilustración 11).

La técnica de mezcla se aplica mediante el uso de estas dos mezcladoras de tipo horizontal, cuyo objetivo es conseguir una correcta dispersión de los ingredientes incluidos en la fórmula. Para ello, dependiendo del tipo de pienso, se establece un tiempo de mezcla que por término medio es de cuatro minutos.

El criterio de aceptabilidad de la homogeneidad de la mezcla será, un coeficiente de variación igual o inferior al 10% sobre un muestreo de diez muestras, donde se analizan los nutrientes, oligoelementos o medicamentos. La calidad de la mezcla depende de diferentes factores:

- Número de ingredientes y proporción de inclusión
- Tiempo de mezcla
- Densidad del producto (peso específico)
- Forma de las partículas y su granulometría
- Coeficiente de rozamiento, que influye en el movimiento de las partículas

Para conseguir una correcta dispersión, se debe establecer una secuencia de incorporación de todos los ingredientes de la mezcla. El primer paso es la incorporación de los macroingredientes procedentes de la etapa de molienda (cereales, soja, guisantes...). A continuación, se incorporan a la mezcla los microingredientes sólidos (materias primas ensacadas, aditivos y premezclas medicamentosas). Estos componentes deberán mezclarse de forma conjunta durante 30 segundos y después comienza la inyección de líquidos de la fórmula. Se deberá dejar como mínimo 90 segundos después de la inclusión del último componente líquido incorporado.

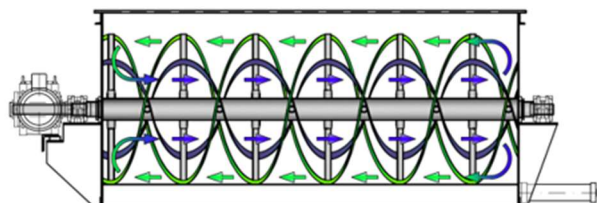


Ilustración 11. Mezcladora horizontal de hélice.

1.3.5. Granulación

La granulación es el proceso en el que el pienso en harina se mezcla con vapor a alta temperatura y se somete a un proceso de compresión-extrusión, teniendo como resultado la formación del pellet o gránulo. Se realiza en tres etapas: acondicionamiento hidrotérmico en el acondicionador, compresión-extrusión en la prensa y secado-enfriamiento en los enfriadores a contracorriente.

COAVRE dispone de tres líneas de granulación, dos destinadas únicamente a la granulación de piensos blancos (P50 y P110) y una tercera para piensos medicamentosos o con coccidiostatos (P40). Las tres prensas granuladoras cuentan cada una con un motor de 220 CV (Ilustración 13).

La harina llega a una tolva de alimentación desde el silo previo a granulación. Cuando se inicia la ruta de granulación, la harina avanza por un tornillo sinfín (alimentador) hacia el acondicionador. Este movimiento se realiza de manera regular y está controlado por un dispositivo llamado encoder rotativo, que convierte el movimiento de rotación del eje en una señal eléctrica (pulsos).

El acondicionamiento de la harina con vapor es la primera etapa del proceso de granulación y su objetivo es facilitar su paso a través de la matriz, mejorar la calidad del gránulo (durabilidad) y reducir el consumo energético en esta fase. Todo ello se consigue porque la harina mezclada con vapor tiene más plasticidad y provoca menos fricción en la matriz. Este proceso se lleva a cabo en un mezclador cilíndrico horizontal (acondicionador) con palas accionadas por un rotor que permiten que la harina se vaya mezclando con vapor a una determinada presión y temperatura. En COAVRE existen dos tipos de acondicionadores: de eje simple y de doble eje. El acondicionamiento realizado con doble eje optimiza notablemente este proceso ya que se consigue una mezcla más homogénea del vapor con la harina y facilita, por tanto, su paso por la matriz. COAVRE dispone de dos calderas para la generación de vapor (Ilustración 13) y diferentes rampas donde se reduce el vapor hasta conseguir una presión constante y se eliminan los condensados para ganar calidad en el proceso y conseguir un vapor saturado.

Una vez acondicionada la harina, comienza la etapa de compresión - extrusión a través de una matriz vertical cilíndrica formada por canales de diámetro y longitud determinados y un grupo de rodillos (dos o tres, dependiendo de la granuladora). Los rodillos comprimen el pienso por efecto de la pista de los rodillos en movimiento contra la pista interior de la matriz (fase de compresión) y el pienso es empujado a pasar a través de los canales (fase de extrusión). Una vez los gránulos salen de la matriz, son cortados mediante cuchilla corta-gránulos a una determinada longitud. El tipo de matriz a utilizar (compresión y diámetro) dependerá del pienso que se desea fabricar y la especie de destino.

La tercera y última fase es la de secado-enfriado. Tras la granulación, el pienso sale de la matriz a elevada temperatura debido a la mezcla formada con el vapor y a la fricción que se genera en el interior de la matriz. Previamente a su almacenamiento en silo, es necesario enfriar los gránulos. En COAVRE, esto se realiza en enfriadores de tipo vertical a contracorriente. Estos enfriadores tienen en la parte de abajo unas ranuras laterales que permiten que el aire a temperatura ambiente entre en el interior del enfriador y por la acción de un ventilador colocado en la parte superior, se genere un flujo de aire vertical hacia arriba, que enfría el pienso ya que el aire caliente es extraído por la parte de arriba hacia un ciclón. El ciclón recoge el aire caliente con las partículas finas de polvo que se hayan podido generar en la granulación y mediante un proceso de decantación, extrae el aire caliente por una chimenea y devuelve los finos a la tolva de granulación para que puedan ser granulados de nuevo. Esta tolva está dividida en dos compartimentos separados por un tabique. El de mayor tamaño recibe la harina que se va a granular y el otro recibe los finos que se han generado durante el cribado de los gránulos a la salida del enfriador y del ciclón. La descarga del producto se realiza mediante la oscilación de una rasera articulada por un pistón y controlada por un sistema electrónico. Esta rasera se abre cuando el pienso en el interior del enfriador alcanza los detectores de nivel.



Ilustración 12. Granuladora con doble eje en acondicionador.



Ilustración 13. Caldera de vapor.

1.5.6. Expedición del pienso

La expedición de pienso en COAVRE se realiza principalmente a granel en camiones, aunque existe una pequeña parte de pienso envasado en sacos. Todos los piensos expedidos se codifican con un lote de salida (LS), a partir del cual se puede realizar la trazabilidad ascendente y descendente en todas las etapas de producción de ese lote.