

**EVALUACIÓN DE LA PRESENTACIÓN DE PRODUCTOS PELETIZADOS vs  
VARIABLES DE PROCESO DE LA EMPRESA SOLLA S.A - MOSQUERA**

**LILIBETH ANDREA LARROTA CASTRO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2010**

**EVALUACIÓN DE LA PRESENTACIÓN DE PRODUCTOS PELETIZADOS vs  
VARIABLES DE PROCESO DE LA EMPRESA SOLLA S.A - MOSQUERA**

**LILIBETH ANDREA LARROTA CASTRO**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero  
Químico

**Director**

**CRISÓSTOMO BARAJAS FERREIRA**

Ingeniero Químico M.Sc

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**Codirectora**

**ALEJANDRA MARCELA OSORIO**

Ingeniera Química

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA

Solla S.A

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2010**

A mi madre, por su comprensión y fortaleza, porque de todas las personas del mundo, eres tú a quien más amo y admiro.

A mi padre, porque su ejemplo de trabajo y superación me enorgullecen, y su alegría me reconfortan.

A mi hermana, por quererme tanto y soportar mis caprichos; por ser modelo de vida y amor.

A mi Andrés, por haberme hecho tan feliz. Dios te tenga en sus brazos.

## **Agradecimientos**

Gracias a Dios por darme la vida y las facultades para salir adelante.

Gracias a mis padres y mi hermana por el apoyo, la confianza y amor que pusieron en mí y en mis sueños.

Gracias a la Universidad Industrial de Santander y la Escuela de Ingeniería Química, por darme la oportunidad de hacer parte de una gran institución y por la educación que en ella recibí.

Gracias al profesor Crisóstomo Barajas Ferreira por confiar en mis capacidades y por la ayuda incondicional que me brindó.

Gracias a Solla S.A, por confiar en mí y permitirme crecer tanto profesional como personalmente, en especial al Laboratorio de calidad de Mosquera, a la Ingeniera Alejandra Osorio, Ingeniero Omar Meza y las profesionales Johanna Rodriguez, Juanita Benjumea, Marianny Cruz.

Gracias a las familias Berdugo Castro, Parra Orduz y Silva Gómez, por abrirme las puertas de su casa y su corazón en el momento que más lo necesitaba.

Gracias a mis amigos, a los que estuvieron conmigo siempre y a los ausentes, pues sin ellos no hubiera aprendido lo más importante de la universidad, la amistad. En especial a Jaime, Lina, Johanna, Catalina, Adriana, Julieth, Monica y Dani, y demás que se me escapan en el momento, los admiro y respeto mucho, espero volvernos a ver con nuestros sueños hechos realidad.

Muchas gracias a todos los que hicieron parte de este proyecto y a su labor, pues si ella, no hubiera sido realidad.

## CONTENIDO

GLOSARIO.....	13
INTRODUCCIÓN.....	16
1. CONCEPTOS TEÓRICOS.....	17
1.1 PRODUCTO PELETIZADO.....	17
1.2 VARIABLES DE PROCESO .....	17
1.2.1 Formulación del producto:.....	17
1.2.2 Molienda de materias primas: .....	18
1.2.3 Mezclado:.....	19
1.2.4 La Peletización: .....	19
1.2.5 Enfriamiento: .....	19
1.3 PARÁMETROS DE PRESENTACIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS..	19
1.3.1 La durabilidad:.....	20
1.3.2 La dureza: .....	20
1.3.3 Longitud del Pelet: .....	20
1.3.4 Porcentaje (%) de finos en productos peletizados: .....	21
2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	22
2.1 OBTENCIÓN DE MUESTRA PARA ANÁLISIS.....	22
2.1.1 Toma de muestra para análisis de molienda: .....	22
2.1.2 Toma de muestra para análisis de durabilidad: .....	23
2.1.3 Toma de muestra de análisis de porcentaje de finos: .....	23
2.1.4 Toma de muestra de análisis de longitud de pelet: .....	23
2.1.5 Toma de muestra de análisis de dureza:.....	23
2.2 ANÁLISIS FÍSICO DE LA MUESTRA Y VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD .....	23
2.2.1 Análisis físico de molienda: .....	23
2.2.2 Análisis físico de durabilidad:.....	23
2.2.3 Análisis físico de finos en productos peletizados: .....	23

2.2.4 Análisis físico de longitud de pelet en productos peletizados: .....	23
2.2.5 Análisis físico de dureza en productos peletizados: .....	23
2.3 SALIDA DEL PRODUCTO AL MERCADO .....	24
2.4 AJUSTES EN EL PROCESO PARA LA MEJORA DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO .....	24
2.4.1 Posibles ajustes para mejorar la molienda .....	24
2.4.2 Posibles ajustes para mejorar la durabilidad .....	24
2.4.3 Posibles ajustes para mejorar el porcentaje de finos en el producto peletizado.....	24
2.4.4 Posibles ajustes para mejorar la longitud de pelet.....	25
2.4.5 Posibles ajustes para mejora de dureza del pelet.....	25
2.5 RETENCIÓN DE PRODUCTO PARA REPROCESO O DESPACHO BAJO CONCESIÓN.....	25
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	26
3.1 PRODUCTOS DE 6 MM DE DIÁMETRO PARA LA LÍNEA DE GANADERÍA.....	26
3.2 PRODUCTOS DE 4,5 MM DE DIÁMETRO PARA LA LÍNEA DE GANADERÍA.....	29
3.3 PRODUCTOS PARA LA LÍNEA PORCICULTURA.....	31
3.4 PRODUCTOS PARA LA LÍNEA DE AVICULTURA.....	34
3.5 PORCENTAJE (%) DE MOLIENDA SEGÚN EL NÚMERO DE MALLA DE LA ZARANDA CENTRAL .....	37
4. CONCLUSIONES .....	40
5. RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	42
ANEXOS.....	44

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1 CONDICIONES DE PROCESO Y PARÁMETROS DE CALIDAD EN GANADERÍA 6 MM.....	26
TABLA 2 CONDICIONES DE PROCESO Y PARÁMETROS DE CALIDAD EN GANADERÍA 4.5 MM.....	29
TABLA 3 CONDICIONES DE PROCESO Y PARÁMETROS DE CALIDAD EN PORCICULTURA.....	32
TABLA 4 CONDICIONES DE PROCESO Y PARÁMETROS DE CALIDAD EN AVICULTURA .....	34
TABLA 5 LONGITUD DE PELET EN AVICULTURA .....	36
TABLA 6 DATOS DE MOLIENDA SEGÚN EL NÚMERO DE MALLA EN LA ZARANDA CENTRAL .....	38

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</b> .....	<b>22</b>
<b>FIGURA 2 INTERIOR DEL EQUIPO PELETIZADOR.....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 3 ACONDICIONADOR.....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 4 DADO.....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 5 RODILLOS.....</b>	<b>52</b>
<b>FIGURA 6 DADO CON CUCHILLAS EN LA PELETIZADORA.....</b>	<b>52</b>
<b>FIGURA 7 MEZCLADORA TIPO HORIZONTAL.....</b>	<b>53</b>
<b>FIGURA 8 ENFRIADOR DE CONTRAFLUJO.....</b>	<b>54</b>
<b>FIGURA 9 DURABILÍMETRO.....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICA 1 % DURABILIDAD Y % FINOS VS % MOLIENDA (% RT 18) .....	27
GRÁFICA 2 % DURABILIDAD Y % FINOS VS CARGA EN LA PELETIZADORA .....	28
GRÁFICA 3 % DURABILIDAD Y % FINOS VS TEMPERATURA DEL ACONDICIONADOR.....	28
GRÁFICA 4 % DURABILIDAD Y % FINOS VS % MOLIENDA .....	30
GRÁFICA 5 % DURABILIDAD Y % FINOS VS CARGA DE PELETIZADORA...	30
GRÁFICA 6 % DURABILIDAD Y % FINOS VS TEMPERATURA DEL ACONDICIONADOR.....	31
GRÁFICA 7 % DURABILIDAD Y % FINOS VS % MOLIENDA .....	32
GRÁFICA 8 % DURABILIDAD Y % FINOS VS CARGA DE PELETIZADORA...	33
GRÁFICA 9 % DURABILIDAD Y % FINOS VS TEMPERATURA DEL ACONDICIONADOR.....	33
GRÁFICA 10 % DURABILIDAD Y % FINOS VS % MOLIENDA .....	35
GRÁFICA 11 % DURABILIDAD Y % FINOS VS CARGA DE PELETIZADORA.	36
GRÁFICA 12 LONGITUD DE PELET DE LA LÍNEA DE AVICULTURA DE 3 MM DE DIÁMETRO .....	37

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO 1 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA PARA MATERIA PRIMA Y PRODUCTO TERMINADO EN PROCESO .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO 2 PRUEBA DE DURABILIDAD .....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO 3 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE FINOS DE PRODUCTOS PELETIZADOS .....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO 4 DETERMINACIÓN DEL LARGO DEL PELET .....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO 5 DETERMINACIÓN DE LA DUREZA .....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO 6 LA PELETIZADORA.....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO 7 MEZCLADORA TIPO HORIZONTAL .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO 8 ENFRIADOR DE CONTRA FLUJO .....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO 9 DURABILÍMETRO .....</b>	<b>55</b>

## GLOSARIO

**Bache:** Hace referencia a tres (3) toneladas de materias primas previamente dosificadas y pesadas dispuestas a procesarse.

**Criba:** Superficie con pequeños agujeros sujeta a un aro de metal que sirve para cribar o tamizar. Se usa en molino tipo martillo.

**Dado:** Matriz con orificios que le suministra forma de pelet a la harina.

**Durabilidad:** Característica de que tan duro está el alimento o la posibilidad de durar mucho.

**Ensaque:** Se refiere al empaclado del producto terminado en bultos con un previo pesaje.

**Finos (en migaja o pelet):** Cualquier material que pasará por una malla, cuyas aberturas son inmediatamente más pequeñas que su tamaño mínimo especificado de la migaja o diámetro del pelet.

**Palatabilidad:** Calidad de ser grato al paladar una alimento.

**Pelet:** Alimento aglomerado formado por la compactación y paso por aberturas de un dado por un proceso mecánico.

**Peletizado, peletización:** Obtención de alimento aglomerado por la compactación y paso por aberturas de un dado.

**Tamiz:** Utensilio que se usa para separar las materias finas de las gruesas y está formado por una rejilla tupida de diferente tamaño de orificio que está sujeta a un aro.

**Tamizado:** Separación de partículas de diferentes tamaños por el paso a través de las mallas.

## RESUMEN

**TÍTULO:** EVALUACIÓN DE LA PRESENTACIÓN DE PRODUCTOS PELETIZADOS Vs VARIABLES DE PROCESO EN LA EMPRESA SOLLA S.A – MOSQUERA\*

**AUTOR:** LILIBETH ANDREA LARROTA CASTRO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Parámetros de presentación, variables de proceso, elaboración, peletizado, finos, durabilidad.

### DESCRIPCIÓN

La producción de concentrados peletizados para animales requiere de una exigente valoración de la calidad en la presentación del alimento, permitiendo que cumpla exitosamente su fin, el de nutrir a los animales, generando beneficios y aprovechamiento para los humanos.

La verificación del comportamiento de los parámetros de calidad respecto de las variables de proceso y su influencia en la presentación del producto peletizado, al determinar que tan durables serán los productos para superar las numerosas transportaciones mecánicas a las que se somete el alimento, se realizó para productos de 6 mm y 4,5 mm de diámetro de pelet en ganadería y pelet de 3 mm de diámetro para alimentos de porcicultura y avicultura, con las variables de porcentaje de molienda, carga en la peletizadora (toneladas /hora), temperatura en el acondicionador (°C), longitud de pelet (mm) y dureza (Kg/cm<sup>2</sup>).

El efecto de las variables de proceso sobre los productos valorados para cada línea animal resuelve, que altos porcentajes de molienda solo influyen en productos de avicultura, cargas elevadas en la peletizadora intervienen para todos los productos evaluados y temperatura en el acondicionador en aumento contribuyen a un marcado deterioro en la calidad del los productos de 4,5 mm de diámetro para ganadería, porcicultura de 3 mm. Se relaciono también la molienda con el número de malla en la zaranda central, hallándose que la número 8 proporcionar la menor cantidad de moliendas superiores al 20% máximo permitido.

---

\* Práctica empresarial realizada en Sollla S.A. Laboratorio de Control de Calidad.

\*\* Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander. Director:

Crisóstomo Barajas Ferreira. Codirectora Alejandra Marcela Osorio, Sollla S.A.

Mosquera.

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUACIÓN DE LA PRESENTACIÓN DE PRODUCTOS PELETIZADOS Vs VARIABLES DE PROCESO EN LA EMPRESA SOLLA S.A - MOSQUERA\*

**AUTHOR:** LILIBETH ANDREA LARROTA CATSRO\*\*

**KEYWORDS:** Presentation parameters, process variables, elaboration, pelleted, fines, durability.

### DESCRIPTION:

The pelleted animal feed production for animals requires a stringents assessment of quality presentation of food, allowing kake good its purpose to nourish the animals, generating a profit and use to humans.

The verification of the behavior quality parameters for the process variables and their influence on the presentation of the products granules, to determine how durable are the products to overcome the numerous transportations to which the food is subjected, was performed to products of 6 mm and 4,5 mm diameter pellet in livestock and 3 mm pellet diameter for pig and chicken, with the variables of percentage of grinding, load pelleting (tons/hour), conditioner temperature (°C), pellet length (mm) and strength (Kg/cm<sup>2</sup>).

The effects of process variables on products assessed for each animal line resolved, high percentages of grinding affect only poultry products, high load for pelleting involved for all products evaluated and temperature in the conditioner in increasing contribute to pronounce deterioration in the quality of the products of diameter 4,5 mm and pig for diameter 3 mm. Milling was associated also with the number of mesh in the central sieve, found that the number 8 provide the least amount of mills least of 20% maximum allowed.

---

\* Internship. Sollla S.A. Quality Control Laboratory.

\*\* Chemical Engineering Department. Universidad Industrial de Santander. Director: Crisóstomo Barajas Ferreira, Codirector: Alejandra Marcela Osorio. Sollla S.A. Mosquera.

## INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos balanceados para animales es tan importante como la producción de la alimentación humana, pues, finalmente son estos primeros los que serán para su consumo y aprovechamiento, siendo una razón básica la de poner a consideración avances y optimización en el proceso de elaboración y desarrollo, como ocurre con el peletizado.

La empresa Solla S.A elabora productos alimenticios para animales de granja en forma de pelet que cumplen la función de entregar un alimento aglomerado de proteínas, vitaminas y minerales que suministran una alimentación completa y balanceada; y dentro de sus estándares de calidad se encuentran consignados el porcentaje (%) de durabilidad, porcentaje (%) de finos, dureza y longitud de pelet, los cuales han sido evaluados respecto a las variables de proceso como son el porcentaje (%) de molienda de materias primas, la carga en el alimentador y temperatura en el acondicionador de la peletizadora.

El fin del presente trabajo es evaluar, cuál o cuáles de las variables tiene mayor influencia en los parámetros de calidad de la presentación de los productos terminados y poder controlarla en el proceso para obtener un producto peletizado dentro de parámetros de calidad permitidos, debido a que influye sobre los indicadores de calidad de la empresa y el manejo del producto por parte del cliente.

La evaluación se realizó para productos de 3 mm de diámetro para avicultura y porcicultura y 4,5 mm y 6mm para ganadería; reportando que el tamaño de partícula o porcentaje de molienda y las elevadas cargas en la peletizadora influyen positivamente sobre los parámetros de calidad en productos para avicultura, y en los productos para ganadería 4,5 mm y porcicultura, las bajas cargas en la peletizadora benefician sus parámetros y las altas temperaturas en el acondicionador las desmejoran.

## 1. CONCEPTOS TEÓRICOS

El alimento elaborado para consumo de animales de granja, ha tenido importantes cambios en su producción, suministrando un alimento completo y balanceado con mejoras en su calidad física, con una buena apariencia, menor generación de desperdicios, libre de finos o harina, sin grietas y con longitud uniforme; siendo la peletización uno de los procesos de elaboración más importantes en la alimentación pecuaria.

### 1.1 PRODUCTO PELETIZADO

El peletizado consiste en la aglomeración de las pequeñas partículas de una mezcla en unidades largas o comprimidos densos mediante un proceso mecánico combinado con la humedad, el calor y la presión. [7].

Son muchas las ventajas del producto peletizado que varios autores han citado: aumenta la facilidad de manejo, reduce el desperdicio, mejora la utilización de los nutrientes, reduce la alimentación selectiva, menor gasto energético en consumo y mejora de palatabilidad. Otros autores afirman que reduce la segregación de los diferentes ingredientes dentro del alimento terminado, asegurando que se consume una ración equilibrada, también reduce las pérdidas naturales causadas por el viento y derramamiento y aumenta la densidad a granel, permitiendo más producto en un espacio dado[7].

### 1.2 VARIABLES DE PROCESO

**1.2.1 Formulación del producto:** Como su nombre lo indica, es la receta que se elabora para la producción de alimentos balanceados con un porcentaje de proteína, fibra, cenizas, grasa, cloruro, calcio y humedad que requiera el animal según la especie y el fin comercial. La formulación influye en la presentación final

de los alimentos balanceados en casi un 40%, ya que sus ingredientes son los que finalmente se mezclan y compactan formando el pelet y por consecuencia adoptando las características que le suministran las materias primas [8].

**1.2.2 Molienda de materias primas:** Es la reducción por medios mecánicos de las materias primas o ingredientes de una fórmula [9]. Los molinos de tipo martillo son los más utilizados para éste proceso debido al rendimiento que representan, ya que el tamaño de partícula se puede graduar o anteponer con una criba que contiene perforaciones de dimensión deseada para la molienda.

La importancia que tiene la molienda en el peletizado se debe a que a menor tamaño de partícula más superficie de área está expuesta a la acción del vapor, permitiendo que se condense en más partículas y se transfiera el calor, donde el agua es absorbida más internamente [9]. La molienda mejora las características del mezclado de los ingredientes, aumenta la eficiencia del peletizado y la calidad de los pelets debido a que se eliminan espacios de aire o vacíos dentro del pelet, mejorando el área de contacto.

*Sistema postmolienda:* Es el sistema de molienda utilizado y como su nombre lo indica ocurre después de que se ha mezclado en la dosificación y se ha pesado una cantidad de materias primas dispuestas a molerse y peletizarse. La ventaja que tiene este método es reducir el tamaño de partícula de las materias primas a uno más homogéneo [3], [6].

#### *1.2.2.1 Zaranda Central*

En muchas plantas de producción de alimentos balanceados, para mejorar la eficiencia de la molienda, se hace uso de una zaranda central que actúa como una criba vibratoria que contiene en su interior dos mallas que distribuyen y separan las materias de gran tamaño de las harinas o ingredientes finos que no necesitan molienda. Esta separación se lleva a cabo en el momento de dosificar y pesar el bache, donde las materias primas que pasan las mallas no se trasladan a los

molinos y pasan directamente a la mezcladora, y las materias primas que no pasan las mallas se irán a molienda.

**1.2.3 Mezclado:** Es la operación en donde todos los ingredientes se incorporan a una mezcladora con el objetivo principal de que la mezcla sea homogénea y cubra todos los requerimientos nutricionales para la cual es elaborada la fórmula [9]. Sobre la calidad, la mezcla influye en una serie de factores tales como tiempo de mezcla, granulometría, densidad, forma de las partículas y adición de líquidos [6]. En la mezcladora tipo horizontal desciende la materia prima finamente molida y la que no necesita molienda para ser mezclada con los líquidos. (Ver Anexo 7).

**1.2.4 La Peletización:** El objetivo original de la peletización o granulación en la alimentación animal terrestre, fue adaptar la presentación física del alimento a los nuevos sistemas de distribución, evitando los problemas de fluidez y manejo asociados a la utilización de las harinas [5]. La peletización se lleva a cabo en una maquina peletizadora. (Ver Anexo 6).

*Carga de la peletizadora:* Se traduce como toneladas/hora a la que se suministra harina a peletizar al alimentador y posterior acondicionador para la ganancia de vapor y peletización.

**1.2.5 Enfriamiento:** Este proceso ocurre inmediatamente después del peletizado y se lleva a cabo en un enfriador, cuya misión es reducir la humedad y la temperatura del gránulo para su mejor conservación [4]. El enfriamiento se da lugar en un enfriador de tipo contra flujo. (Ver Anexo 8).

### **1.3 PARÁMETROS DE PRESENTACIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS**

Los parámetros de calidad y presentación física del producto peletizado, se evalúan durante el proceso de producción y ensaque, debido a que el alimento se somete a transporte y manejo dentro de la planta y fuera de la misma hasta su sitio de consumo, donde se deben conservar las características de presentación.

**1.3.1 La durabilidad:** Es el porcentaje de pelets o migajas recuperados después de haber sido sujeto a una agitación mecánica o neumática que simula el transporte y manejo del alimento [1].

El producto peletizado elaborado en planta debe ser lo suficientemente durable para soportar numerosas transportaciones mecánicas hasta llegar a su sitio de consumo. Una baja durabilidad en el producto indica una mala calidad y muy seguramente un aumento en los finos, contradiciendo las ventajas mencionadas del producto peletizado. Dentro de las variables de proceso que pueden afectar la durabilidad se encuentran la formulación, el tamaño de las partículas que se ve reflejado en la molienda, el acondicionamiento en la peletizadora, el grosor del dado y el enfriamiento del pelet [6]. Este análisis se realiza inmediatamente el producto peletizado sale del enfriador y se lleva a cabo en un equipo llamado durabilímetro (Ver Anexo 9).

Para productos de la línea de ganadería se manejan durabilidades de mínimo 95%, para demás productos del 92%.

**1.3.2 La dureza:** Es la fuerza necesaria para romper el pelet o una serie de pelet al mismo tiempo [1]. Técnicamente se define como la resistencia que opone un cuerpo a las fuerzas de deformación; se mide con un durómetro, se expresa en  $\text{kg/cm}^2$  y se realiza al menos media hora después que el pelet haya salido del enfriador. La dureza influye importantemente sobre el consumo voluntario del alimento, ya que las aves tienden a rechazar gránulos excesivamente duros, que en condiciones experimentales de demás autores tienden a aparecer con diámetros de pequeño tamaño como ocurre con los pelet de 3mm diámetro, el cual no deben superar una dureza de  $6 \text{ kg/cm}^2$  [8].

**1.3.3 Longitud del Pelet:** Es la longitud o medida de que tan largo es un pelet o serie de pelets, éste parámetro se relaciona con las cuchillas de la peletizadora, el estado en que se encuentran y la graduación de las cuchilla para el corte. La longitud se mide con un pie de rey o regla, se expresa en milímetros y se realiza

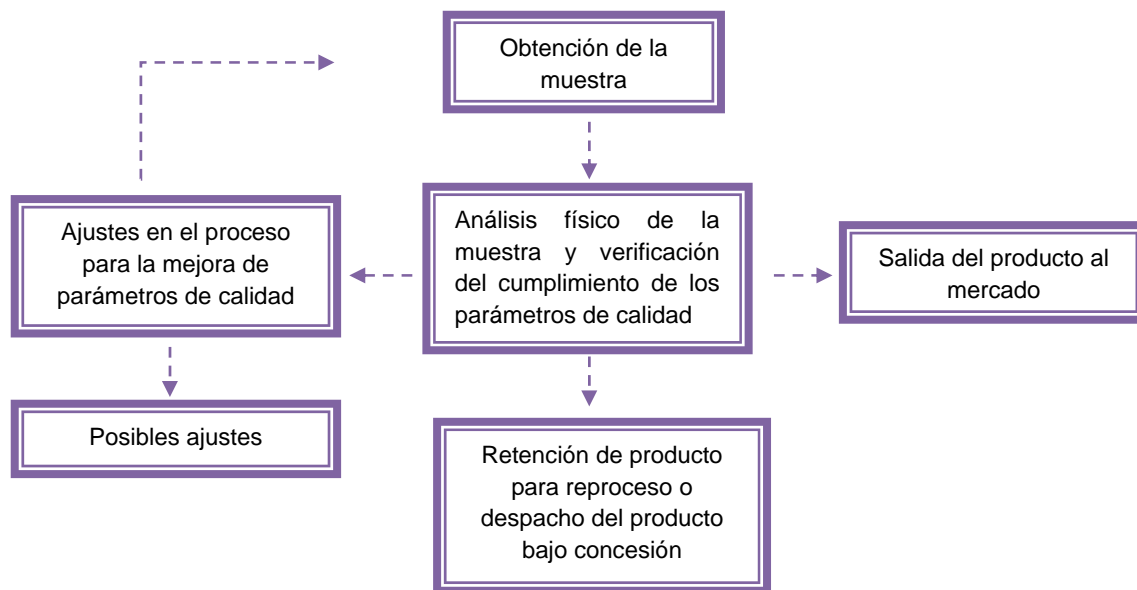
con una cantidad significativa de pelet que salen del enfriador. La única restricción de longitud se encuentra en avicultura y no debe ser mayor a 6 mm.

**1.3.4 Porcentaje (%) de finos en productos peletizados:** Este parámetro de calidad es de gran importancia en los productos peletizados y hace referencia a la cantidad de polvo o harina suelta que acompaña el producto terminado, causado por bajas durabilidades en el producto que se relacionan con las variables del proceso.

Por petición del cliente y el bajo consumo del alimento por parte del animal, este parámetro no debe superar el 5% de finos que pase el tamiz 18 para productos de 3 mm de diámetro y el 5% de finos que pase por el tamiz 8 para productos de 4,5 mm y 6 mm de diámetro [1].

## 2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

**Figura 1** Diagrama de bloques de la Metodología Experimental



**Fuente:** El Autor

### 2.1 OBTENCIÓN DE MUESTRA PARA ANÁLISIS

**2.1.1 Toma de muestra para análisis de molienda:** Para el análisis de molienda de materia prima se toman cuatro (4) muestras.

2.1.1.1 Muestra de materias primas sin moler: Una (1) primera muestra es la de materia prima sin moler, proveniente de la zaranda central y que ha pasado la malla por su tamaño de partícula pequeño.

2.1.1.2 Muestra de Molinos Verticales: Se toma una (1) muestra de la molienda de los molinos verticales tipo martillo.

2.1.1.3 Muestra de Molino Horizontal: Se toma una (1) muestra de la molienda del molino horizontal tipo martillo.

2.1.1.4 Muestra de Harina a peletizar: Se toma una (1) muestra de la mezcla a la salida de la mezcladora con ruta a la peletizadora.

**2.1.2 Toma de muestra para análisis de durabilidad:** La muestra de análisis de durabilidad se toma inmediatamente después que el producto peletizado sale del enfriador.

**2.1.3 Toma de muestra de análisis de porcentaje de finos:** La muestra se toma en el momento del ensaque del producto en bultos.

**2.1.4 Toma de muestra de análisis de longitud de pelet:** La muestra se toma de la de la misma forma que para el análisis de durabilidad.

**2.1.5 Toma de muestra de análisis de dureza:** La muestra se toma de la misma forma que para el análisis de durabilidad.

## **2.2 ANÁLISIS FÍSICO DE LA MUESTRA Y VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD**

**2.2.1 Análisis físico de molienda:** Se desarrolla por la técnica analítica de análisis de molienda. (Ver Anexo 1).

**2.2.2 Análisis físico de durabilidad:** Se desarrolla por la técnica de análisis de durabilidad del producto peletizado. (Ver Anexo 2).

**2.2.3 Análisis físico de finos en productos peletizados:** Se desarrolla por la técnica de análisis de finos del producto peletizado. (Ver Anexo 3).

**2.2.4 Análisis físico de longitud de pelet en productos peletizados:** Se desarrolla por la técnica de análisis de longitud de pelet. (Ver Anexo 4).

**2.2.5 Análisis físico de dureza en productos peletizados:** Se desarrolla por la técnica de análisis de dureza. (Ver Anexo 5).

### **2.3 SALIDA DEL PRODUCTO AL MERCADO**

En el momento en que se analiza y verifica la buena calidad del producto, se procede a su aceptación y almacenamiento para posterior venta.

### **2.4 AJUSTES EN EL PROCESO PARA LA MEJORA DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

Los posibles ajustes que se pueden realizar en el proceso, para mejora de la presentación de los productos terminados, dependen de los resultados en el análisis de cada clase de muestra.

#### **2.4.1 Posibles ajustes para mejorar la molienda**

- Cambio de malla de la zaranda central por una de mayor o menor número dependiendo los ingredientes a usar en las fórmulas.
- Cambio de la criba de los molinos de uso para obtener un menor tamaño de partícula.

#### **2.4.2 Posibles ajustes para mejorar la durabilidad**

- Reducción o aumento de carga de alimentación en la peletizadora.
- Posibles ajustes para mejorar la molienda. (Ver numeral 2.4.1).
- Cambio de dado.
- Cambios en la formulación.

#### **2.4.3 Posibles ajustes para mejorar el porcentaje de finos en el producto peletizado**

- Ajustes que mejoren el porcentaje de durabilidad, debido a que un porcentaje bajo en este parámetro puede aumentar los finos. (Ver numeral 2.4.2).

#### **2.4.4 Posibles ajustes para mejorar la longitud de pelet**

- Ajuste en la posición de las cuchillas de corte en la peletizadora.
- Cambio de cuchillas en la peletizadora.

#### **2.4.5 Posibles ajustes para mejora de dureza del pelet**

- Cambio en la formulación del producto.

### **2.5 RETENCIÓN DE PRODUCTO PARA REPROCESO O DESPACHO BAJO CONCESIÓN.**

Posterior al análisis de los parámetros de calidad del producto terminado, se procede a identificarlo como producto seguro, o de ser lo contrario como retenido; para el segundo caso se evalúa la causa de retención y si es posible se dispone a liberarse bajo concesión con el cliente, de otra manera el producto se irá a reproceso.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El análisis de resultados de los parámetros de calidad de los productos peletizados según la línea de producción animal, se realizó evaluando el porcentaje (%) de durabilidad, el porcentaje (%) de finos, la longitud de pelet y dureza; con las variables de proceso de molienda o retenido en el tamiz 18 (% RT18), carga de la peletizadora, temperatura del acondicionador y en general el tamaño de partícula según la malla utilizada en la zaranda central. Sin embargo, se enfatiza que las variables de proceso evaluadas en este trabajo no son las únicas en afectar los parámetros de presentación en productos peletizados, al contrario, existen muchas más como la formulación del producto, la cual, es quizás la más importante.

#### 3.1 PRODUCTOS DE 6 MM DE DIÁMETRO PARA LA LÍNEA DE GANADERÍA

Para la elaboración de los productos de 6 mm de diámetro para ganadería, se trabajaron las siguientes condiciones en el proceso y se analizaron los parámetros presentados a continuación.

**Tabla 1** Condiciones de proceso y parámetros de calidad en ganadería 6 mm

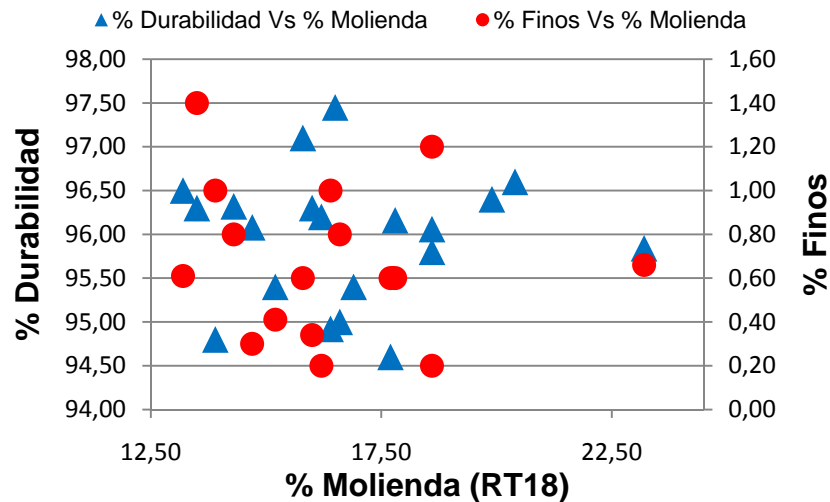
No	% RT 18	% Durabilidad	% Finos	Zaranda (No. Malla)	Carga Pelet (Ton/h)	T. Acondicionador (° C)
1	13,20	96,50	0,61	—	—	—
2	13,50	96,30	1,40	8,00	7,74	62,00
3	13,90	94,80	1,00	8,00	11,50	77,00
4	14,30	96,32	0,80	8,00	8,13	72,00
5	14,70	96,08	0,30	8,00	10,90	70,00
6	15,20	95,40	0,41	8,00	8,40	77,00
7	15,80	97,10	0,60	7,00	13,00	75,00
8	16,00	96,30	0,34	8,00	8,07	72,00
9	16,20	96,20	0,20	8,00	—	—
10	16,40	94,92	1,00	8,00	11,53	74,00
11	16,50	97,45	—	8,00	9,37	65,00
12	16,60	95,00	0,80	8,00	8,90	75,00
13	16,90	95,40	—	8,00	10,00	76,00

Continúa en la página 27

14	17,70	94,60	0,60	8,00	9,30	72,00
15	17,80	96,16	0,60	7,00	10,50	72,00
16	18,60	96,06	0,20	8,00	12,50	75,00
17	18,60	95,80	1,20	7,00	—	—
18	19,90	96,40	—	8,00	—	—
19	20,40	96,60	—	8,00	—	—
20	23,20	95,84	0,66	7,00	—	—

Fuente: El Autor

**Gráfica 1** % Durabilidad y % Finos Vs % Molienda (% RT 18)



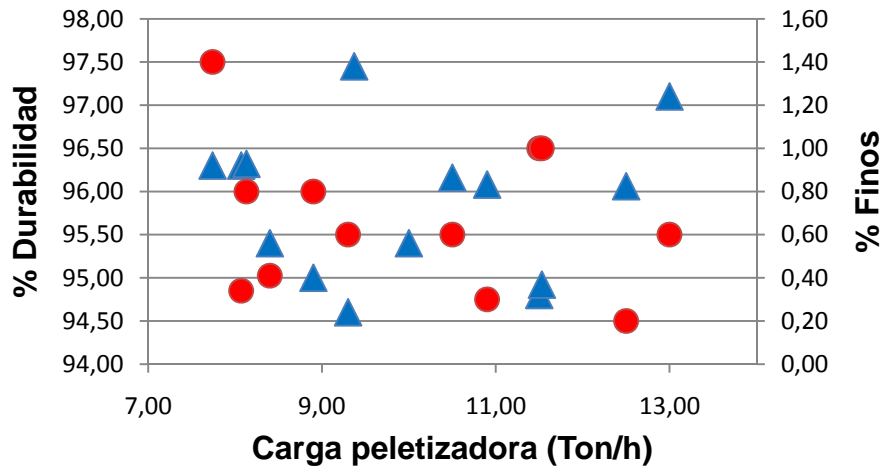
Fuente: El Autor

En la gráfica 1 se observa que el 81,25% de los productos se encuentran sobre el parámetro mínimo de durabilidad de ganadería del 95%, y que en un rango amplio de molienda de 13,20% a 23,20% se registran altas y bajas durabilidades, por tanto, la molienda no afecta el porcentaje de durabilidad en productos de 6mm para ganadería, incluso para moliendas superiores al 20%.

En cuanto al porcentaje de finos, todos los datos se encuentran por debajo del parámetro máximo permitido de finos en ganadería del 5%, y no se observa un aumento o disminución de los resultados respecto del porcentaje de molienda.

**Gráfica 2** % Durabilidad y % Finos Vs Carga en la peletizadora

▲ % Durabilidad Vs Carga de peletizadora ● % Finos Vs Carga de peletizadora

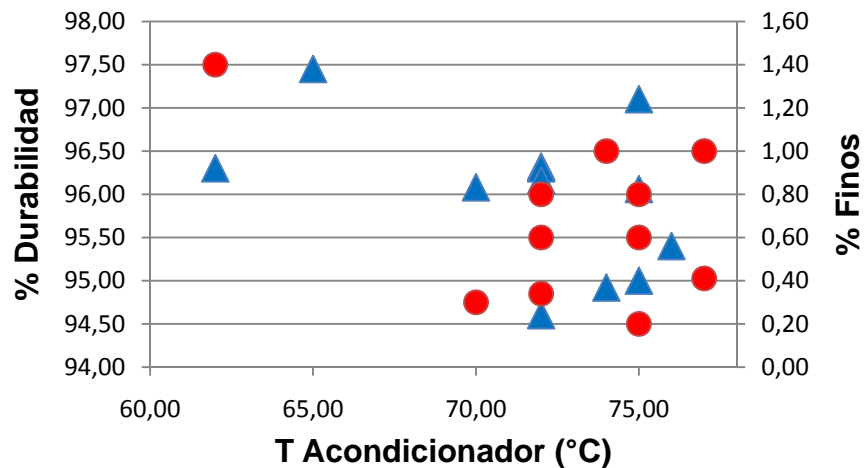


Fuente: El Autor

En la gráfica 2 se observa que el 76,9% de los datos de durabilidad se encuentran sobre 95% y se presentan en rangos amplios de carga de peletizadora entre 7,74 y 13 toneladas/hora, al igual que tampoco se observa una influencia en los finos, lo que resume que la carga en la peletizadora no influye sobre los parámetros de presentación de éstos productos.

**Gráfica 3** % Durabilidad y % Finos Vs Temperatura del acondicionador

▲ % Durabilidad Vs T° Acondicionador ● % Finos Vs T° Acondicionador



Fuente: El Autor

En la gráfica 3 no se observa una relación entre la temperatura del acondicionador en la peletizadora y los porcentajes de durabilidad y finos, ya que a una misma temperatura se presentan diferentes valores en estos parámetros.

### 3.2 PRODUCTOS DE 4,5 MM DE DIÁMETRO PARA LA LÍNEA DE GANADERÍA

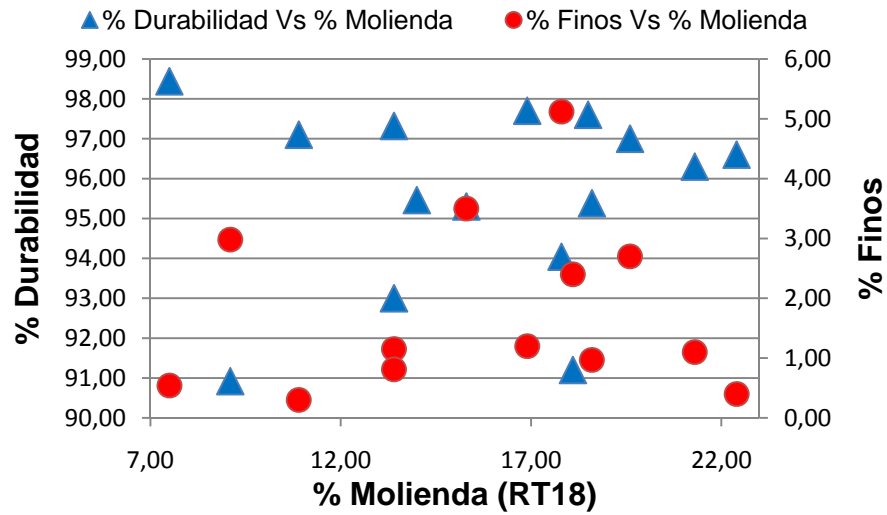
Para la elaboración de los productos de 4,5 mm de diámetro para ganadería se trabajaron las siguientes condiciones en el proceso y se analizaron los parámetros presentados a continuación.

**Tabla 2** Condiciones de proceso y parámetros de calidad en ganadería 4.5 mm

No	% RT 18	% Durabilidad	% Finos	Zaranda (No. Malla)	Carga Pelet (Ton/h)	T. Acondicionador (°C)
1	7,50	98,44	0,54	8,00	7,50	75,00
2	9,10	90,92	2,98	8,00	8,00	80,00
3	10,90	97,10	0,30	8,00	9,00	61,00
4	13,30	–	–	8,00	–	–
5	13,40	93,00	1,15	8,00	3,44	85,00
6	13,40	97,32	0,81	–	12,85	74,00
7	14,00	95,46	–	8,00	–	72,00
8	15,30	95,30	3,50	7,00	9,30	82,00
9	16,90	97,70	1,20	8,00	5,80	65,00
10	17,80	94,04	5,12	8,00	3,60	87,00
11	18,10	91,20	2,40	8,00	12,63	81,00
12	18,50	97,60	–	–	–	–
13	18,60	95,38	0,97	8,00	–	–
14	19,60	97,00	2,70	8,00	9,40	75,00
15	21,30	96,30	1,10	8,00	–	–
16	22,40	96,60	0,40	8,00	7,60	65,00
17	25,20	98,00	–	7,00	–	–

Fuente: El Autor

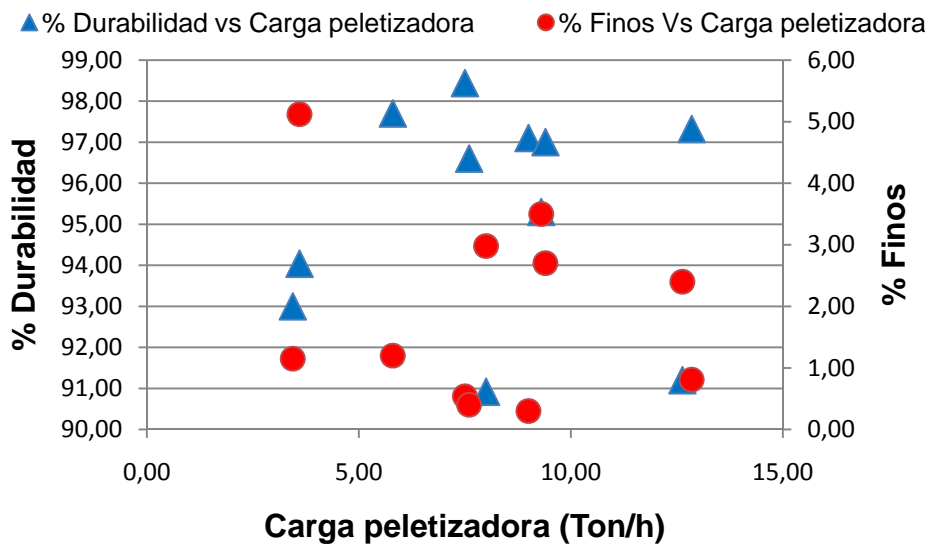
**Gráfica 4 % Durabilidad y % Finos Vs % Molienda**



**Fuente:** El Autor

En la gráfica 4 se observa que el 73,33% de los datos de durabilidad se encuentran sobre 95% y que el porcentaje de molienda no interviene en el porcentaje de durabilidad, incluso para moliendas superiores a 20%. En cuanto al porcentaje de finos no se refleja una relación con el porcentaje de molienda.

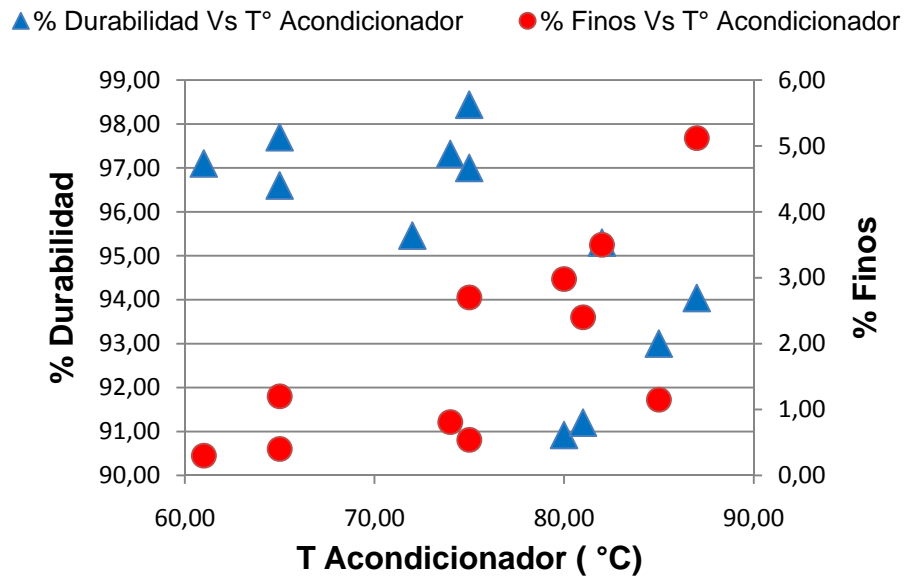
**Gráfica 5 % Durabilidad y % Finos Vs Carga de peletizadora**



**Fuente:** El Autor

De la gráfica 5 se observa que el 63,63% de los datos está sobre 95% en durabilidad y que cargas en la peletizadora entre 5,80 y 9,40 toneladas/hora presentan altos porcentajes de durabilidad y finos bajos.

**Gráfica 6** % Durabilidad y % Finos Vs Temperatura del acondicionador



**Fuente:** El Autor

En la gráfica 6 se registra que a temperaturas entre 61°C a 75 °C se presentan los más altos porcentajes de durabilidad y bajos porcentajes de finos.

### 3.3 PRODUCTOS PARA LA LÍNEA PORCICULTURA

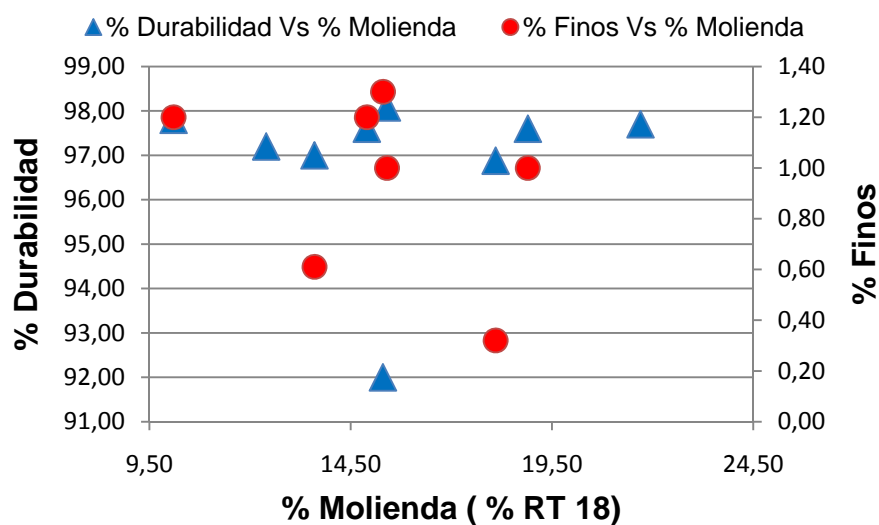
Para la elaboración de los productos de porcicultura se trabajaron las siguientes condiciones en el proceso y se analizaron los parámetros presentados a continuación.

**Tabla 3** Condiciones de proceso y parámetros de calidad en porcicultura

Muestra	% RT 18	% Durabilidad	% Finos	Zaranda (No. Malla)	Carga Pelet (Ton/h)	T. Acondicionador (°C)
1	10,10	97,80	1,20	8,00	8,70	65,00
2	12,40	97,20	–	8,00	–	–
3	13,60	97,00	0,61	7,00	9,40	60,00
4	14,90	97,60	1,20	8,00	7,50	60,00
5	15,30	92,00	1,30	8,00	11,50	78,00
6	15,40	98,08	1,00	8,00	8,00	60,00
7	18,10	96,88	0,32	8,00	–	–
8	18,90	97,60	1,00	8,00	6,40	60,00
9	21,70	97,70	–	7,00	–	–

Fuente: El Autor

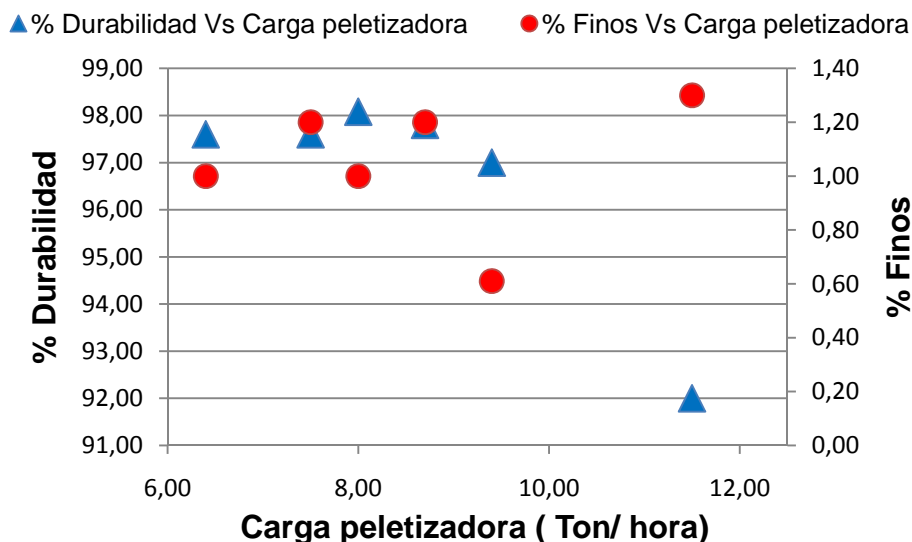
**Gráfica 7** % Durabilidad y % Finos Vs % Molienda



Fuente: El Autor

En la gráfica 7 se observa que el 100% de los datos de durabilidad se encuentran sobre el parámetro mínimo permisible para porcicultura de 92 % y no existe una relación entre la durabilidad y el porcentaje de molienda de materias primas. En cuanto al porcentaje de finos, la mayoría mantiene valores cercanos a 1% y 1,30% en todo el rango del porcentaje de molienda.

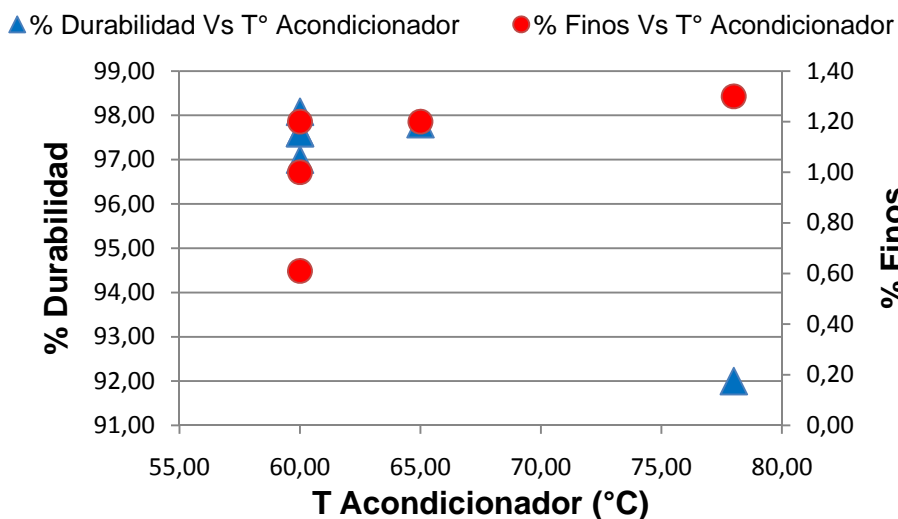
**Gráfica 8** % Durabilidad y % Finos Vs carga de peletizadora



**Fuente:** El Autor

De la gráfica 8 se observa que el 100% de los datos de durabilidad se encuentran sobre 92%, sin embargo, a cargas de la peletizadora superiores a 8,70 toneladas/hora se nota una disminución en la durabilidad. En cuanto al comportamiento de los finos, la mayoría conserva un rango de 1% y 1,30% sin encontrarse relación con la carga de la peletizadora.

**Gráfica 9** % Durabilidad y % Finos Vs Temperatura del acondicionador



**Fuente:** El Autor

En la gráfica 9 se observa que para temperaturas entre 60°C y 65°C, se presentan porcentajes de durabilidad altos y finos bajos a comparación de temperaturas mayores.

### 3.4 PRODUCTOS PARA LA LÍNEA DE AVICULTURA

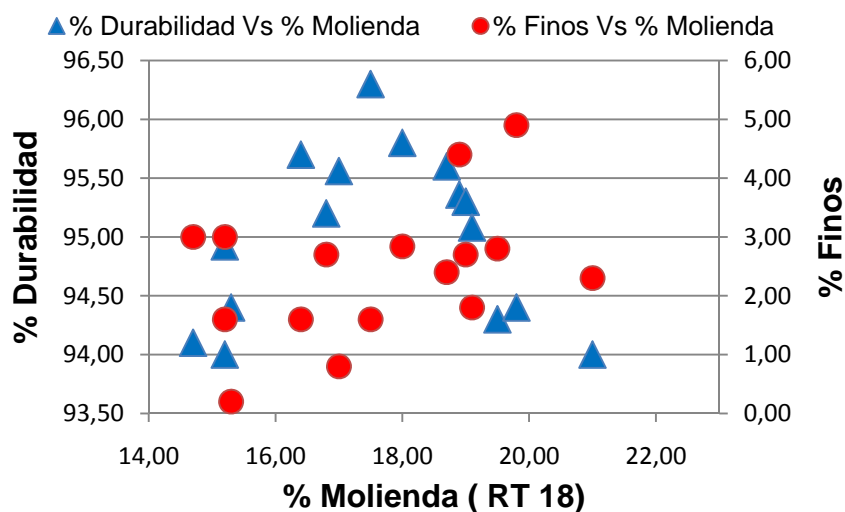
Para la elaboración de los productos de avicultura se trabajaron las siguientes condiciones en el proceso y se analizaron los parámetros presentados a continuación.

**Tabla 4** Condiciones de proceso y parámetros de calidad en avicultura

No	% RT18	% Durabilidad	% Finos	Zaranda (No. Malla)	Carga Pelet (Ton/h)	T. Acondicionador (°C)	Dureza (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14,70	94,10	3,00	sin uso	–	–	6,00
2	15,20	94,00	3,00	8,00	8,10	80,00	6,00
3	15,20	94,92	1,60	8,00	13,00	80,00	6,00
4	15,30	94,40	0,20	8,00	13,40	80,00	6,00
5	16,40	95,70	1,60	8,00	12,80	81,00	6,00
6	16,80	95,20	2,70	8,00	–	–	6,00
7	17,00	95,56	0,80	8,00	15,00	80,00	6,00
8	17,50	96,30	1,60	8,00	–	–	–
9	18,00	95,80	2,84	8,00	–	–	–
10	18,70	95,60	2,40	7,00	–	–	6,00
11	18,90	95,36	4,40	7,00	–	–	6,00
12	19,00	95,30	2,70	8,00	7,50	81,00	6,00
13	19,10	95,08	1,80	7,00	14,60	80,00	6,00
14	19,50	94,30	2,80	7,00	–	–	6,00
15	19,80	94,40	4,90	7,00	–	–	6,00
16	21,00	94,00	2,30	8,00	16,84	80,00	6,00

**Fuente:** El Autor

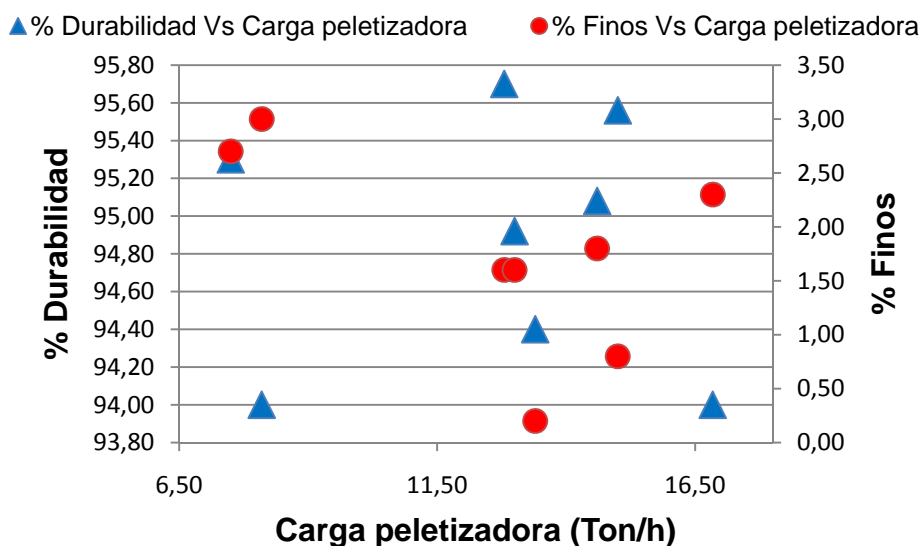
**Gráfica 10 % Durabilidad y % Finos Vs % Molienda**



**Fuente:** El Autor

En la gráfica 10 se observa que el 100% de los datos se encuentran sobre el parámetro mínimo permisible del 92%, sin embargo, los porcentajes de durabilidad más altos se presentan para moliendas entre 16,40% y 19,10%, por tanto, moliendas muy finas o muy gruesas disminuyen notablemente el porcentaje de durabilidad. En el caso de los finos, se observa que a porcentajes de molienda mayores al 19% aumenta para algunos productos incluso alcanzando el porcentaje máximo permisible del 5%, lo que resulta adecuado sugerir que altos porcentajes de durabilidad y bajos porcentajes de finos se presentan para moliendas menores al 18%.

**Gráfica 11** % Durabilidad y % Finos Vs Carga de peletizadora



**Fuente:** El Autor

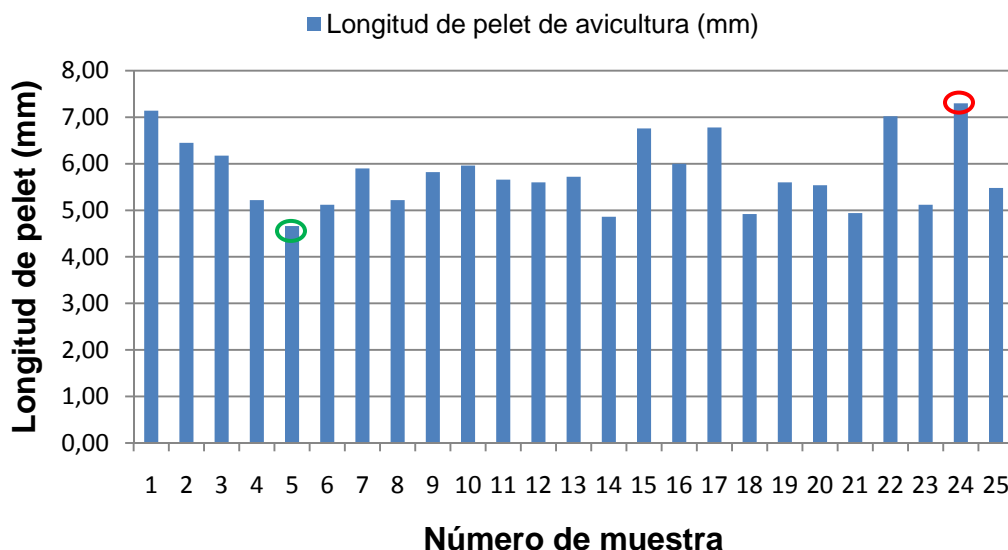
De la gráfica 11 se observa que todos los porcentajes de durabilidad están dentro de parámetros de calidad permisibles, sin embargo, los más altos porcentajes de durabilidad y bajos finos se presentan para cargas en la peletizadora entre 12,80 y 15 toneladas/hora.

**Tabla 5** Longitud de pelet en avicultura

Muestra	Longitud pelet ( mm)	Muestra	Longitud pelet (mm)
1	7,14	13	5,72
2	6,45	14	4,86
3	6,18	15	6,76
4	5,22	16	6,00
5	4,66	17	6,78
6	5,12	18	4,92
7	5,90	19	5,60
8	5,22	20	5,54
9	5,82	21	4,94
10	5,96	22	7,02
11	5,66	23	5,12
12	5,60	24	7,30
13	5,72	25	5,48

**Fuente:** El Autor

**Gráfica 12** Longitud de pelet de la línea de avicultura de 3 mm de diámetro



**Fuente:** El Autor

De la gráfica 12 se observa que la menor longitud de pelet encontrada es 4,66 mm y la mayor es 7,30 mm; para un promedio total de 5,80 mm, lo que asegura que para un 72% se cumplió con la longitud de pelet máxima permitida para avicultura, y se hicieron los cambios en proceso de las cuchillas de la peletizadora para ajustar los productos que no cumplían el parámetro.

Respecto de la temperatura en el acondicionador, siempre se trabaja alrededor de los 80°C a 81 °C, sin variación significativa en la producción, haciéndose innecesaria su evaluación. En cuanto a la dureza, siempre se conserva a 6 kg/cm<sup>2</sup>, valor permitido para la línea de avicultura.

### **3.5 PORCENTAJE (%) DE MOLIENDA SEGÚN EL NÚMERO DE MALLA DE LA ZARANDA CENTRAL**

Para analizar el comportamiento de la molienda de las materias primas, según el número de malla de la zaranda central, que permite su paso y anula la molienda, se utilizaron las mallas número 6, 7 y 8 para los siguientes resultados de molienda:

**Tabla 6** Datos de molienda según el número de malla en la zaranda central

No	Zaranda (No. Malla)	% RT 18	Muestra	Zaranda (No. Malla)	% RT 18
1	6,00	19,10	40	8,00	19,70
2	6,00	22,00	41	8,00	23,00
3	6,00	22,50	42	8,00	15,30
4	6,00	21,30	43	8,00	16,30
5	6,00	20,40	44	8,00	15,40
6	7,00	19,50	45	8,00	18,90
7	7,00	18,70	46	8,00	12,40
8	7,00	19,80	47	8,00	14,90
9	7,00	18,90	48	8,00	15,30
10	7,00	19,10	49	8,00	10,10
11	7,00	17,60	50	8,00	18,10
12	7,00	17,80	51	8,00	16,50
13	7,00	22,20	52	8,00	19,90
14	7,00	21,10	53	8,00	13,50
15	7,00	23,10	54	8,00	18,10
16	7,00	21,70	55	8,00	9,10
17	7,00	13,60	56	8,00	13,40
18	7,00	15,30	57	8,00	7,50
19	7,00	25,20	58	8,00	13,30
20	7,00	15,80	59	8,00	18,50
21	7,00	23,20	60	8,00	16,90
22	7,00	18,60	61	8,00	22,40
23	7,00	17,80	62	8,00	15,20
24	8,00	17,50	63	8,00	19,60
25	8,00	18,00	64	8,00	10,90
26	8,00	16,80	65	8,00	18,60
27	8,00	15,20	66	8,00	17,70
28	8,00	21,00	67	8,00	16,00
29	8,00	15,20	68	8,00	14,70
30	8,00	15,30	69	8,00	16,60
31	8,00	19,00	70	8,00	16,90
32	8,00	16,40	71	8,00	16,20
33	8,00	17,00	72	8,00	16,40
34	8,00	17,90	73	8,00	14,30
35	8,00	18,70	74	8,00	13,90

Continúa en la página 39

<b>36</b>	8,00	16,60	<b>75</b>	8,00	17,80
<b>37</b>	8,00	14,10	<b>76</b>	8,00	18,60
<b>38</b>	8,00	17,30	<b>77</b>	8,00	14,00
<b>39</b>	8,00	22,50			

**Fuente:** El Autor

De la Tabla 6 se aprecia que el 14,28% de las moliendas se encuentran por fuera de su parámetro máximo permisible del 20%, que un 2,59% corresponden al uso de la zaranda con malla numero 8, otro 6,49% corresponden al uso de la malla número 7 y el 5,19% restante al uso de la malla número 6, resultando así la malla número 8 ser la más eficiente en cuanto al porcentaje de molienda requerido se refiere, ya que con el tamaño de sus orificios (8 por pulgada), permite el paso únicamente de harinas, y los granos enteros los lleva a molienda permitiendo el uso de los molinos únicamente para materias primas grandes, sin harinas que incremente la carga en los molinos, haciendo una molienda lenta y poco eficientemente.

#### 4. CONCLUSIONES

En los productos de 6 mm de diámetro de la línea de ganadería no se observa una relación entre el porcentaje de durabilidad y finos con la molienda, temperatura del acondicionador ó carga en la peletizadora.

Se encuentra que para la ganadería de 4,5 mm de diámetro no existe relación entre los parámetros de calidad en presentación y la molienda, pero si se observa que para cargas de la peletizadora entre 5,80 y 9,40 toneladas/hora se presentan mejores resultados de presentación junto con temperaturas del acondicionador no mayores a 75°C.

La línea de porcicultura no presenta relación entre el porcentaje de molienda y los parámetros de presentación, sin embargo, para cargas en la peletizadora superiores a 8,70 toneladas/hora se registran bajas durabilidades, y a temperaturas entre 60°C y 65°C se presentan altas durabilidades y bajos finos.

Para los productos de avicultura se presentan buenos porcentajes de durabilidad y bajos porcentajes de finos en moliendas menores al 18%, al igual que con cargas en la peletizadora entre 12,80 y 15 toneladas/hora. La longitud del pelet se encuentra dentro de parámetros y la dureza se mantiene constante en un valor aceptable.

La malla número 8 es la que registra los mejores porcentajes de molienda inferiores al 20 % en el uso de la zaranda central, ya que solo permite el paso de harinas y materias primas pequeñas, que no necesitan molienda, evitando un incremento de carga en los molinos que generan una molienda lenta y poco eficiente.

## 5. RECOMENDACIONES

Para futuras producciones se recomienda tener en cuenta los rangos obtenidos para mejorar la presentación de los productos peletizados.

Se sugiere evaluar parámetros de calidad del producto peletizado respecto del tiempo de mezcla y la eficiencia de la mezcladora, siendo éste parte importante en la producción del alimento.

Se aconseja analizar parámetros de calidad respecto del grosor y tamaño del dado, ya que en él se forma y moldea el pelet.

Para posteriores análisis respecto de la calidad en la presentación del alimento, se recomienda tener en cuenta la humedad recibida en el acondicionador y la calidad del mismo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] CRUZ SUAREZ, L. Elizabeth et al. Revisión sobre algunas características y control de calidad de alimentos comerciales para camarón en México. [En línea] < <http://soyamex.com.mx/acuacultura/rapco-camarones-2009/universidad-autonoma-de-nuevo-leon/control-de-calidad-alimentos-comerciales.pdf> > [citado en 12 de Enero de 2010].
- [2] DIAZ ORTIZ, Jorge Alberto. Formulación de estrategias de seguimiento y verificación para asegurar el cumplimiento del sistema de gestión de calidad (SGC) en la división de operaciones de Solla s.a. (regional Cundinamarca). San José Cúcuta, 2004, 153 h. Trabajo de Grado (Ingeniero de Producción Agroindustrial. Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de ciencias agrarias y del ambiente. Plan de estudios de ingeniería de producción agroindustrial.
- [3] DIPLOMADO EN TECNOLOGIA (:1: 2005: Querétaro). Memorias de Diplomado en Tecnología: Querétaro: Buhler, 2005, 66p.
- [4] FEDNA. Nuevas tecnologías en fabricación de piensos: doble granulación, expandir y adición de líquidos. [En línea] < <http://www.etsia.upm.es/fedna/publi.htm> > [citado el 12 de Enero de 2010].
- [5] HANDBOOK FOR PELLETING TECHNIQUE. Sprout – Matador.
- [6] R. McELLINEY, Robert. Tecnología para la fabricación de alimentos balanceados: American Feed Industry Association, Inc. 1994.92 p.
- [7] SALDAÑA RODRIGUEZ, Diego. El pellet. [En línea] < <http://www.3tres3.com/forum/adjuntos/14728.pdf> > [citado en 12 de Enero de 2010].

[8] THERMAL PROCESSING TECHNOLOGIES (PELLETING, EXPANDING, AND EXTRUDING) TO PRODUCE QUALITY FEEDS FOR PIGS. [En línea] < <http://www.feporcina.org/06noticias/expo/memorias/Resumenes/Alimentacion%20y%20Materias%20Primas%20Alternativas/Expoferiapresentacionjoehancock4.Thermalprocessing.Pdf> > [citado el 15 de Febrero].

[9] UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON. Integración de ingredientes y procesos de producción de alimentos hidroestables para camarones. [En línea] < [http://www.uanl.mx/publicaciones/nutricion\\_acuicola/VI/](http://www.uanl.mx/publicaciones/nutricion_acuicola/VI/)> [citado en 12 de Enero de 2010].

[10] SOLLA S.A. Análisis de producto de proceso y terminado. Bogotá, 2008. 8 h.

## ANEXOS

### **ANEXO 1 Determinación del tamaño de partícula para materia prima y producto terminado en proceso**

El auxiliar de producción muestrea, ya sea en la base del elevador del molino o en el bajante, a caída de la tolva de dosificación de la materia prima molida. Este debe:

- Abrir la compuerta del elevador o bajante y tomar porciones de muestra con la mano o por medio de una cuchara o pala, las cuales se depositan en una bolsa o recipiente de plástico hasta completar aproximadamente un kilo de muestra.
- PRECAUCION: La muestra se toma teniendo en cuenta el cumplimiento de los estándares de seguridad como utilización de mascarilla.
- Homogenizar la muestra directamente en la bolsa, mezclándola.
- Pesar  $P_i = 100 \pm 10$  gramos de muestra en un recipiente previamente tarado.
- Colocar la muestra en el equipo Retch (serie de tamices 14, 18, 25, 30, y recolector). Tener cuidado de no botar muestra por fuera del tamiz.
- Zarandear mecánicamente la serie de tamices evitando la pérdida de material. Colocar el temporizador por 240 segundos aproximadamente o hasta que no pase más materia prima de un tamiz a otro.
- Trasvasar cuidadosamente, con ayuda de un cepillo o brocha, todo el material contenido sobre el tamiz 14 y el tamiz 18, sobre un recipiente previamente tarado. Evitar pérdida de material.

- Pesar la cantidad sobre el recipiente = Pii. Esta cantidad es equivalente al porcentaje de retenido.
- Registrar el valor en el formato de control de molienda.
- Si el valor hallado es superior al parámetro máximo permitido, repetir nuevamente la prueba. Si el valor persiste, tomar los correctivos necesarios para ajustar el valor al parámetro requerido (revisar carga, cribas, martillos etc.). Anotar en la columna de observaciones las acciones tomadas y repetir nuevamente la prueba para verificar efectividad de la acción
- % Retenido Tamiz 18= Pii

## ANEXO 2 Prueba de Durabilidad

- El auxiliar de producción toma porciones de muestra con la mano o por medio de una cuchara a la salida del enfriador. Depositar las porciones de muestra en una bolsa o recipiente de plástico hasta obtener un kilo +/- 100 gr. De muestra, tomar una porción de ésta aproximadamente 600 gr.
- Eliminar finos pasando toda la muestra por el tamiz 8. Guardar una porción de muestra de aproximadamente 100 +/- 1 gramos para determinar el largo de pelet, en caso de requerirse este análisis.
- Tomar una porción pesando  $P_i = 500 \pm 50$  gramos de pelets limpios en un recipiente previamente tarado. Utilizar una balanza con precisión mínima de +/- 1 gramos. Transvasar completamente la muestra pesada a la caja del equipo agitador. Tener cuidado de no botar material fuera de la caja. Tapar la caja. Verificar cierre hermético.
- Encender el equipo y dejar girar durante 10 minutos +/- 10 segundos. La caja gira a 50 revoluciones por minuto.
- Cuando el equipo se detenga, abra cuidadosamente la tapa y transvase toda la muestra al tamiz 8. Agite horizontalmente el tamiz hasta que pasen todos los finos al recipiente colector.
- Transvasar cuidadosamente todo el material retenido sobre el tamiz 8 a un recipiente tarado previamente. Pese éste material. Calcular la durabilidad de la siguiente forma:
- $\% \text{ Durabilidad} = \frac{\text{Peso pelets limpios despues de agitacion} * 100}{P_i}$

### **ANEXO 3 Determinación del porcentaje de finos de productos peletizados**

- La muestra para la determinación de porcentaje de finos de los productos peletizados se toma en el ensacado o empacado del producto, por el auxiliar de producción. Una vez tomada la muestra, se homogeniza en el mismo recipiente colector y se procede de la siguiente forma:
- Pesar  $P_i = 200 \pm 2$  gramos de muestra en un recipiente previamente tarado. Utilizar una balanza con precisión mínima de  $\pm 1$  gramo.
- Colocar en serie el tamiz 8 ó 18, (según diámetro del pelet) y el recipiente colector. Vaciar completamente la muestra pesada sobre el tamiz evitando pérdida de material. Agitar horizontalmente el tamiz hasta que pasen todos los finos al recipiente colector.
- Pesar los finos en un recipiente previamente tarado. Calcular el porcentaje de finos de la siguiente forma:
- $\% \text{ Finos} = \frac{\text{Peso de finos}}{P_i}$
- Registrar resultado en formato respectivo.

## **ANEXO 4 Determinación del largo del pelet**

Se realiza esta prueba a los productos con restricción en el largo del pelet. La prueba se realiza de la siguiente forma:

- El auxiliar de producción selecciona 50 pelets de la porción de muestra que se guardo cuando se realizo la prueba de durabilidad.
- Medir el largo de cada uno de los pelets seleccionados, usando una cinta métrica o un calibrador pie de rey.
- Tomadas las medidas se hace un promedio de los valores obtenidos y se registra este dato en el formato respectivo.
- Si la medida de uno o más pelets es superior al parámetro máximo permitido, se repite la prueba tomando otra porción de muestra. Si la no conformidad persiste, se realizan los ajustes en la maquina, para corregir el largo de pelet. Posteriormente, se toma nuevamente muestra y se repite el análisis para verificar efectividad de la acción tomada.

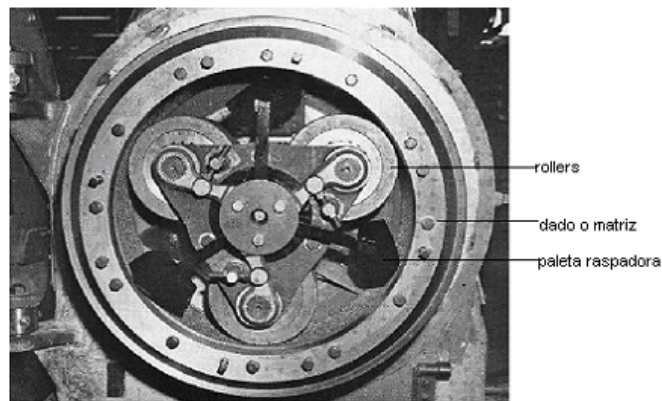
## **ANEXO 5 Determinación de la dureza**

- Para este análisis se requiere de un equipo de medición de dureza llamado Durómetro, el cual antes de realizar la medición, debe estar marcando la cantidad de cero kilogramos-fuerza.
- Tomada la muestra se espera 30 minutos aproximadamente para comenzar el análisis.
- De la muestra homogenizada el Jefe de Control Calidad o a quien este designe toma 5 pelets de manera aleatoria. La cual se coloca en el Durómetro con una posición acostada.
- Una vez la forma este en el durómetro se procede a girar en el sentido de las manecillas del reloj y en forma suave y continua el durómetro hasta que el pelet estalle debido a la presión ejercida por el instrumento.
- En el momento que la forma estalle el durómetro marca la cantidad de kilogramos fuerza que se requirió.
- El procedimiento anterior se repite de nuevo si hay mucha diferencia. Con los datos obtenidos se saca la media ponderada y se procede a registrar los datos.
- Registrar el resultado en el formato respectivo.

## ANEXO 6 La Peletizadora

La peletizadora se compone de un alimentador, un acondicionador, una matriz o dado, unos rodillos, carcasa y motor. El tamaño adecuado de una peletizadora se establece tomando en consideración: tipo de formulación, los requisitos de capacidad, de calidad y tamaño del pelet.

**Figura 2** Interior Del Equipo Peletizador

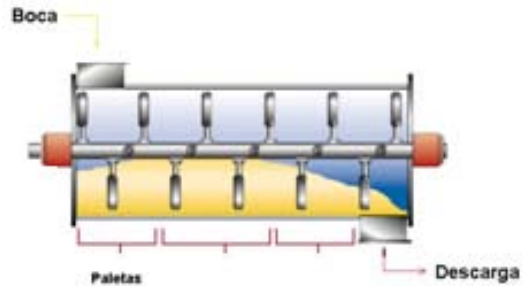


**Fuente:** DIAZ ORTIZ, Jorge Alberto [2]

*Alimentador:* Es el mecanismo de entrada de la harina a peletizar al acondicionador, consta de una única entrada y un tornillo sin fin que distribuye uniforme y constantemente la harina.

*Acondicionador:* Es un mecanismo con un conjunto de paletas dispuestas a diferente grado de inclinación para retención y evacuación, al cual se le introduce vapor saturado que aumenta la temperatura y humedad a la mezcla, acondicionándola y promoviendo la gelatinización de los componentes de las materias primas y haciéndolos flexibles para la peletización

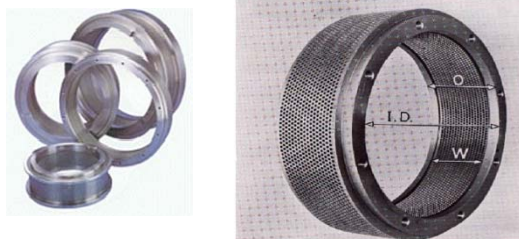
**Figura 3** Acondicionador



**Fuente:** UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON [3]

*El Dado:* Es el corazón de la operación de formación de pelet, dentro del dado la mezcla acondicionada se comprime y toma la forma que en él contiene. Su espesor y diámetro se basan en los requisitos de producción, necesidades de calidad y tipo de ingredientes a peletizarse. Se utiliza dado con diámetro de 3mm, 4,5 mm y 6 mm.

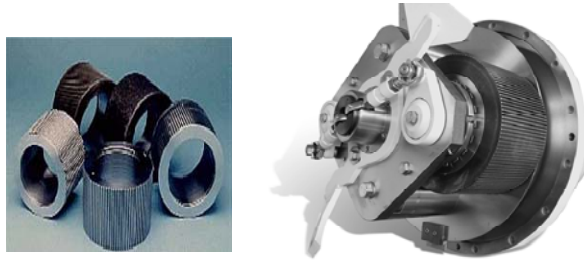
**Figura 4** Dado



**Fuente:** UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON [3]

*Rodillos:* Los rodillos tienen una estrecha relación con el dado, ya que su función es proporcional a la fuerza de compresión entre el alimento y el dado y esto se logra con las paletas que tiene dispuestas, una de retención y las otras de distribución. Se cuentan con peletizadoras de 2 y 3 rodillos.

**Figura 5** Rodillos

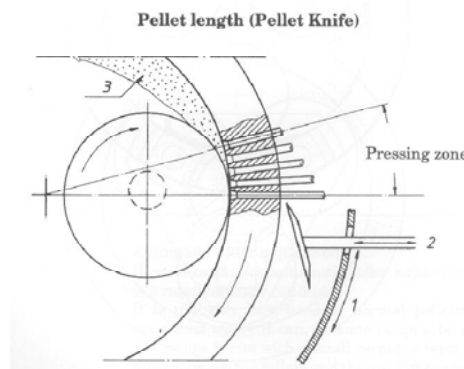


**Fuente:** Handbook for pelleting Technique [5]

La peletizadora debe cumplir su función de compactar la mezcla en un paquete llamado pelet y no utilizar los rodillos y la pista del dado como un molino para reducir el tamaño de de la mezcla. Esto último solo lograría reducir la eficiencia del equipo, incrementar las mermas por finos, e incrementar los costos energéticos.

*Cuchillas de la peletizadora:* La función de la cuchillas para la peletizadora es la de cortar en pelet que se está formando en el dado con una medida específica del largo del pelet que se desea.

**Figura 6** Dado con cuchillas en la peletizadora

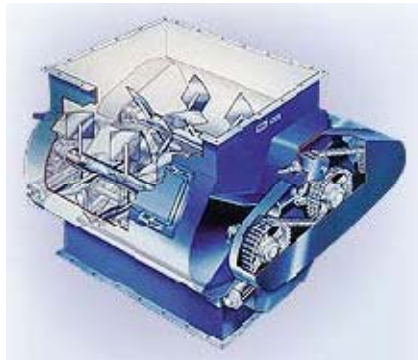


**Fuente:** Handbook for pelleting Technique [5]

## ANEXO 7 Mezcladora tipo horizontal

La mezcladora tipo horizontal posee unas paletas que permiten una mezcla homogénea durante un tiempo estipulado para harina seca y otro para con líquidos.

**Figura 7** Mezcladora Tipo Horizontal



**Fuente:** Handbook for pelleting Technique [5]

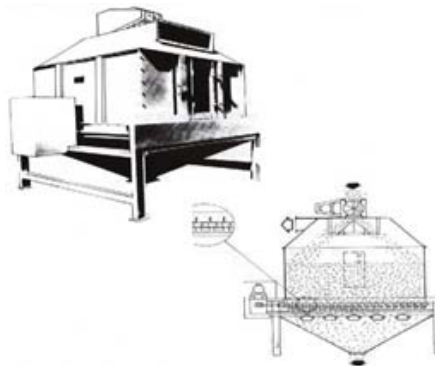
Posee un motor único motor con hélice; necesita un tiempo de mezcla (generalmente) de 3,5 a 4 minutos y su eje gira a 18-33 rpm, según diámetro y diseño. El eje del motor debe quedar siempre cubierto con productos y éste repartirlo uniformemente a lo largo de la mezcladora. El motor de la mezcladora será de una potencia de 10 a 20 CV por tonelada de capacidad de la máquina.

En métodos de post molienda, el ciclo comienza con la pesada y molienda de los ingredientes mayores (que requieren molienda) hasta la adición de los ingredientes menores y líquidos a la mezcladora terminando con la descarga de la mezcla en la tolva de desalajo.

## ANEXO 8 Enfriador de Contra flujo

El enfriador de contra flujo está diseñado para que el aire ambiente entre en contacto con la superficie externa del pelet recogiendo la humedad, donde el calor recogido por el aire aumenta la temperatura, incrementando las capacidades de recoger agua y de manera inversa evitando la condensación en el sistema de aire debido a la humedad adicional. Para la salida de del aire caliente se cuenta con un ventilador de contra flujo y un ciclón para material fino.

**Figura 8** Enfriador de Contraflujo



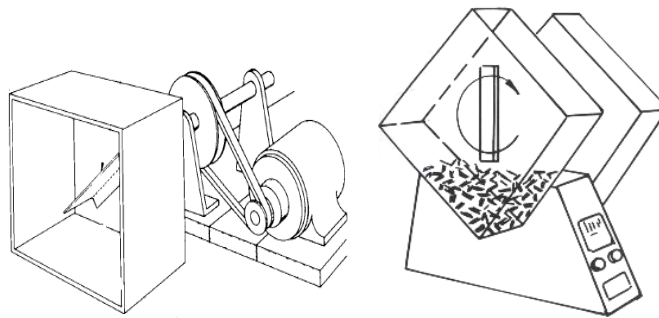
**Fuente:** Handbook for pelleting Technique [5]

Los gránulos o pelets entran en el enfriador con una humedad de 14 -18 % y con una temperatura de 60°C a 90 °C. A la salida del enfriador habrá una humedad de 11% a 14 % y una temperatura de 20°C – 30°C. La pérdida de humedad en el enfriador corresponde aproximadamente a la añadida con el vapor en el acondicionador. La temperatura a la salida no será superior en más de 5 – 7°C. La velocidad del aire en el enfriador será lo más baja posible, para que enfríe y seque interior y exteriormente el gránulo, pero se evite su arrastre por la corriente de aire.

## ANEXO 9 Durabilímetro

El durabilímetro es un equipo que se usa para simular el manejo del producto peletizado desde su proceso de elaboración hasta el consumo en granja. Este dispositivo proporciona un medio para cuantificar la calidad de los pelets que se están produciendo, para asegurar que satisfagan las expectativas de los clientes.

**Figura 9** Durabilímetro



**Fuente:** Handbook for pelleting Technique [5]

La durabilidad de los pelets y migajas, quedará establecida al revolver una muestra durante diez (10) minutos a cincuenta (50) rpm en el durabilímetro que gira alrededor de un eje, que esta perpendicular y centrado en los lados y contiene una placa simétrica a lo largo de uno de sus lados en una diagonal.