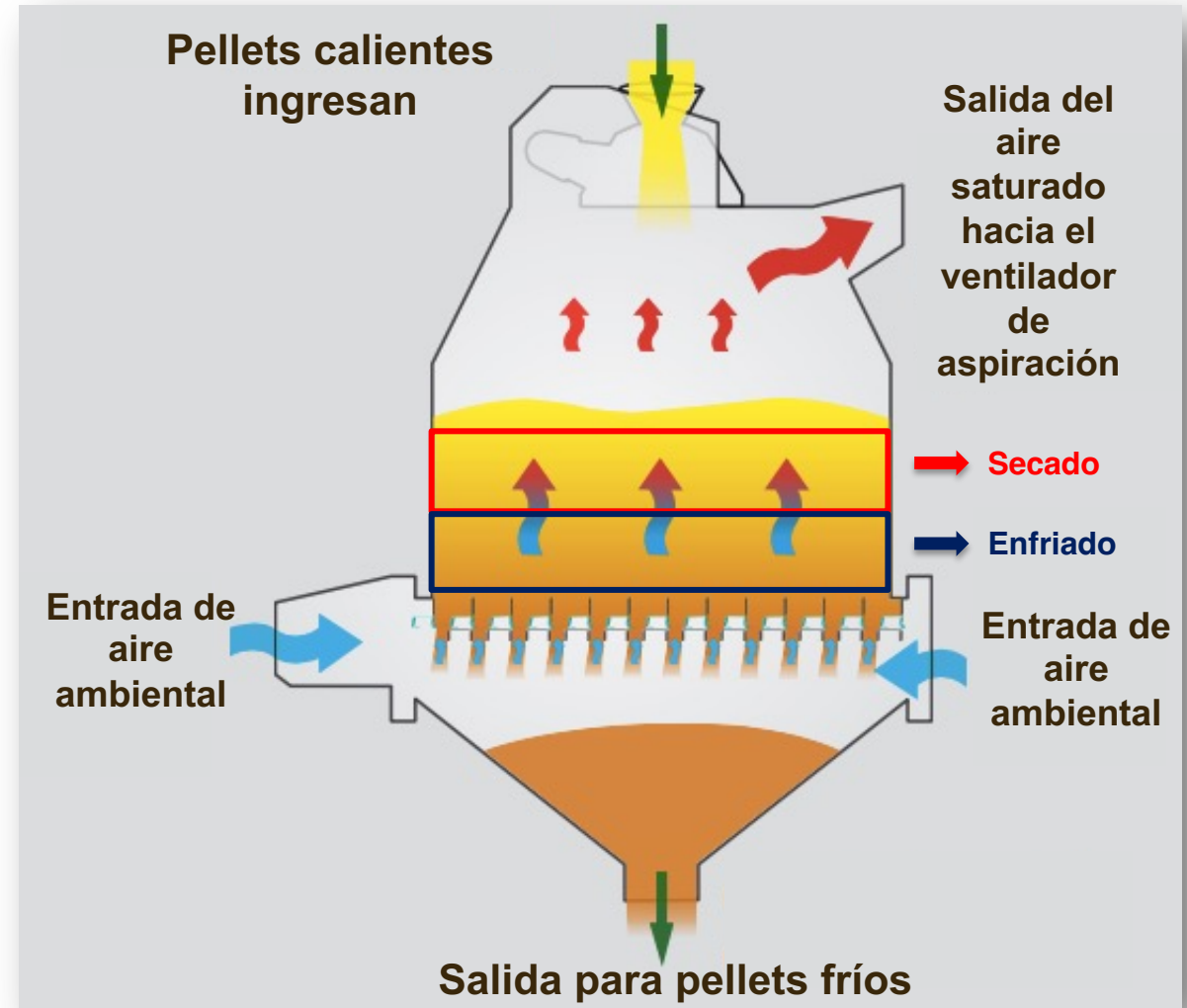


# Enfriamiento de Pellets y Producción de Migajas

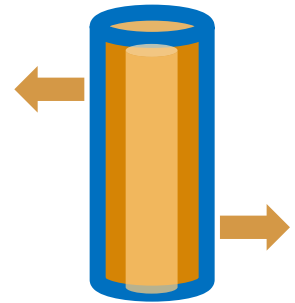
# Enfriamiento

- **Propósito:** Remover *humedad y calor* añadidos durante el proceso de acondicionado
  - Permite el almacenamiento seguro del producto
  - Pellets calientes y húmedos:
    - Se deterioran rápidamente, lo que puede afectar negativamente la salud de las aves
    - Pobre conversión alimenticia – contenido de nutrientes diluido
    - Costos mas altos de transporte – moviendo agua de hacia la granja



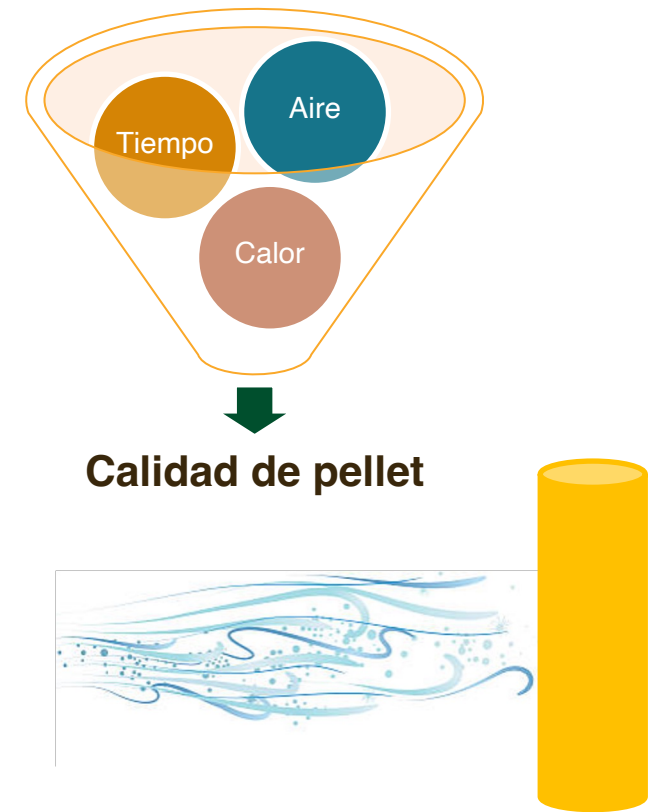
# Remoción de Humedad

- Debe realizarse antes del enfriamiento del producto
  - Un enfriamiento muy rápido dejará los pellets fríos pero húmedos
  - Someter los pellets a un cambio brusco puede romper la acción capilar y detener o reducir la migración de la humedad
- Alrededor de 4% de agua es añadida en el acondicionador
  - Peletizadoras operando a 50 toneladas/hora  $\times$  4% = 2 toneladas de agua = 4,000 libras/hora
- La remoción de humedad es influenciada por:
  - Tamaño de pellet
  - Temperatura del pellet
  - Contenido de grasa
  - Humedad relativa



# Requerimientos Para el Enfriamiento

- **Aire**
  - Remueve el calor y la humedad
  - Trabaja sobre la superficie de los pellets
- **Calor**
  - Requerido para remover humedad
  - El aire caliente se expande disminuyendo la humedad relativa e incrementando se capacidad de secado
- **Tiempo**
  - Necesario para que el calor y la humedad migren a la superficie del pellet
    - Típicamente se requiere de 7.5 a 8.5 minutos para un enfriado/secado óptimo

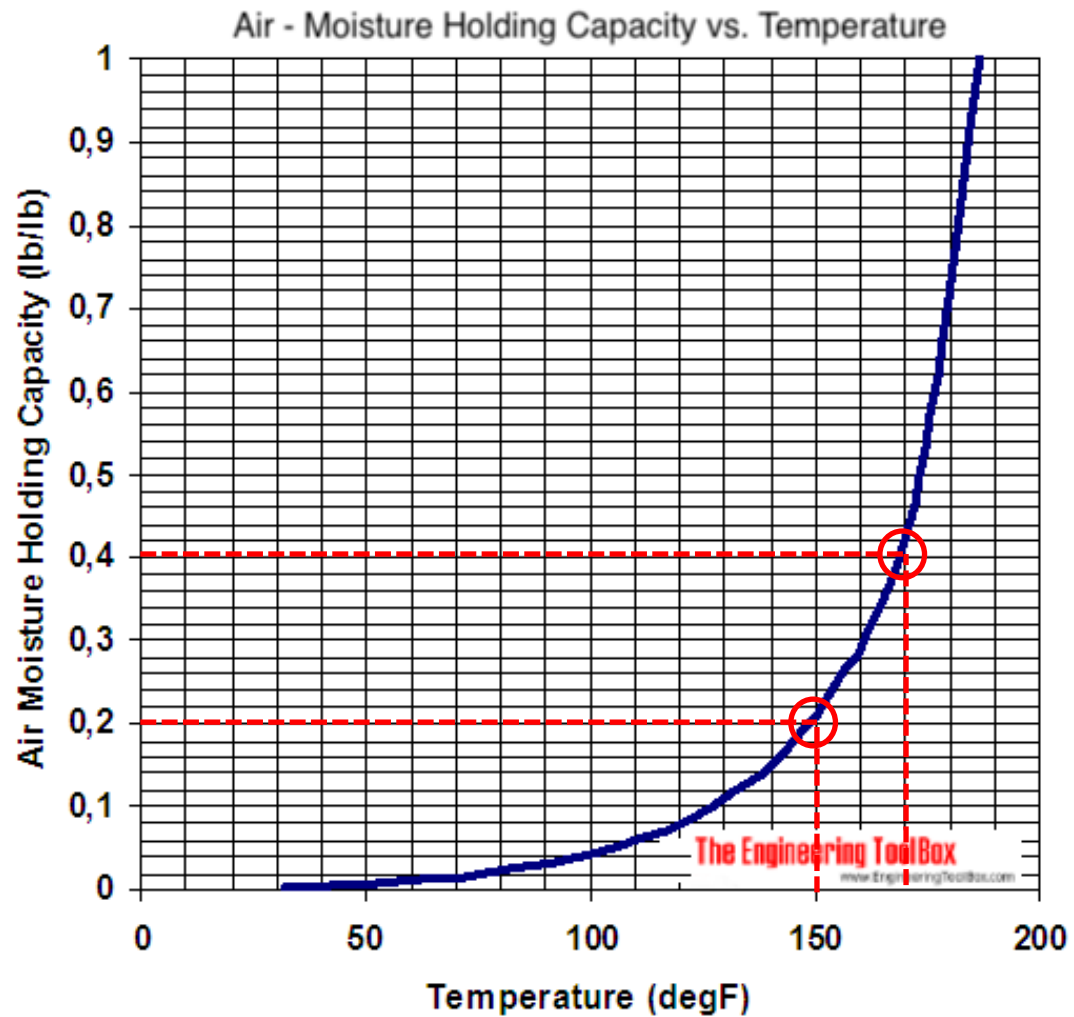


# Enfriado y Secado

- **Los enfriadores tienen dos funciones:**
- **Secar**
  - La humedad es transferida al aire caliente
  - Parte superior del enfriador
- **Enfriar**
  - El calor es transferido al aire
  - Parte inferior del enfriador
- **Proceso dinámico**
  - A medida que el aire entra al enfriador, entra en contacto con los pellets en el nivel mas bajo y se precalienta, lo que reduce su humedad relativa y aumenta su capacidad de retención de agua
  - Por cada incremento de 20°F (11°C), la capacidad de retención de agua se duplica

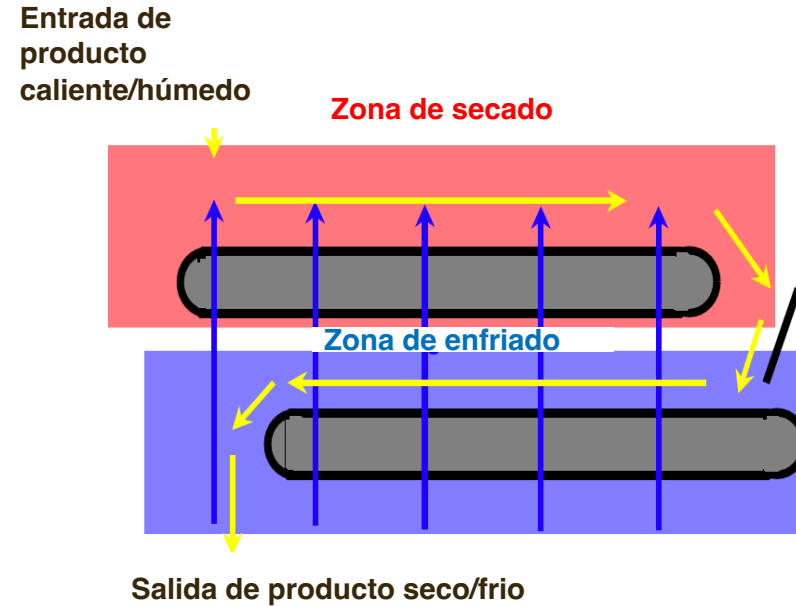
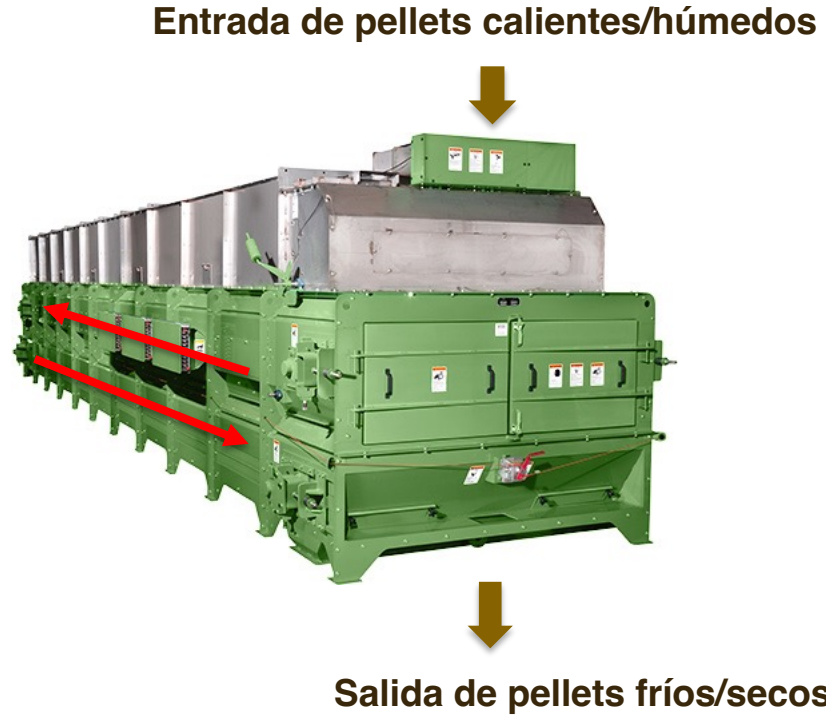


# Enfriado y Secado



Temperatura		Libras de agua por libras de aire
Celsius	Fahrenheit	
30	86	0.027
45	113	0.065
60	140	0.150
87	190	1.000

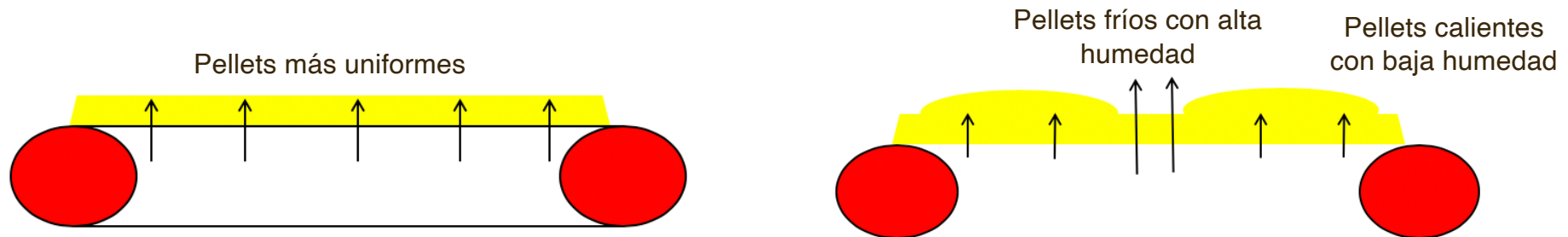
# Enfriadores Horizontales



- El tiempo de enfriado es determinado por la longitud del enfriador, número de pisos y velocidad de la banda
- La capacidad de enfriamiento es determinada por el ancho del enfriador, la profundidad de la cama de pellets y la densidad del alimento

# Enfriadores Horizontales

- El producto es desplazado por las bandejas desde un extremo del enfriador hasta el extremo opuesto, donde cae al piso inferior y es transportado al extremo inicial
- El paso inferior se considera la zona de enfriamiento
  - El aire se precalienta antes de pasar por los pellets en el piso superior, donde se produce la mayor parte del secado
- Es importante mantener la profundidad de la cama de pellets ya que el aire seguirá el camino de menos resistencia y sólo enfriará los pellets en la zona menos profunda de la cama de pellets

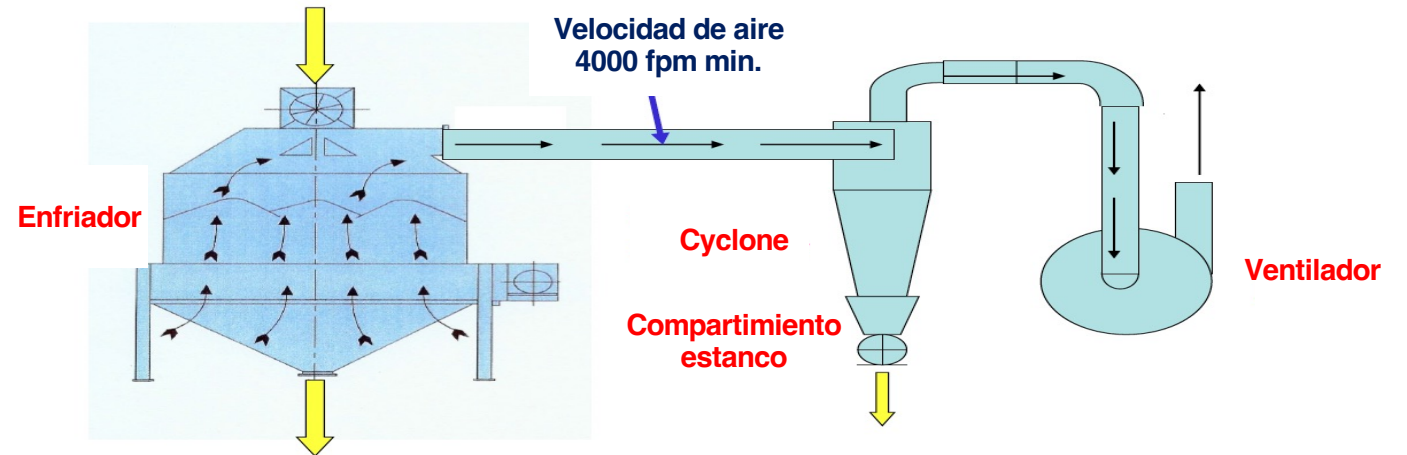




# Enfriadores de Contraflujo



El aire se calienta a medida que se mueve hacia arriba a través de la cama de pellets, incrementando su capacidad de retención de agua



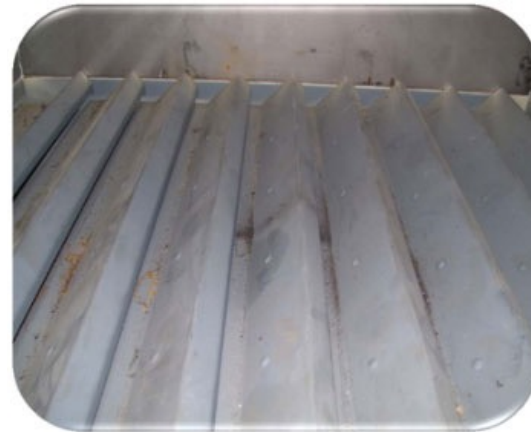
Los pellets son enfriados a través de la exposición a aire gradualmente más frío a medida que se mueven hacia abajo en el enfriador

- Los pellets ingresando al enfriador son expuestos al aire mas caliente, lo cual reduce el cambio de temperatura
- Un cambio brusco de temperatura puede romper la acción capilar y reducir la migración de humedad a la superficie y producir fracturas en los pellets

# Enfriadores de Contraflujo



**El brazo de distribución ayuda a mantener una profundidad uniforme en la cama de pellets**



**La rejilla del piso permite que el aire fluya a través de ella, pero cuando gira 90 grados, los pellets enfriados salen del enfriador.**

# Enfriadores de Contraflujo

- Un brazo de distribución ayuda a mantener la profundidad de la cama de pellets
- La rejilla del piso permite que el aire fluya a través de la rejilla, pero cuando rota 90° los pellets fríos pueden salir del enfriador
- La uniformidad de la cama es importante en el proceso de enfriado
  - Si el espesor de la cama no es uniforme, el aire seguirá el camino de menos resistencia
    - La poca uniformidad en la profundidad de cama de pellets provoca variaciones en la temperatura y humedad del producto terminado

# Secado Durante el Verano

- 95°F (35°C) con 50% de humedad relativa
  - Temperatura de la harina es 100°F (38°C)
  - Humedad de la harina es 12.5%
  - La temperatura de descarga del acondicionador es 180 °F (82°C)
    - Cada incremento de 27°F (15°C) en la temperatura de la harina en el acondicionador, resultará en un incremento del 1.0% en la humedad de la harina
    - $(180(82) - 100(38))^{\circ}\text{F} / 27(15) =$  adición de 2.9% de humedad en el acondicionador
  - Pellets que caen en el enfriador = 15.4%
  - El sistema esta diseñado para 50 toneladas por hora y eso es exactamente a lo que esta operando

# Secado Durante el Verano

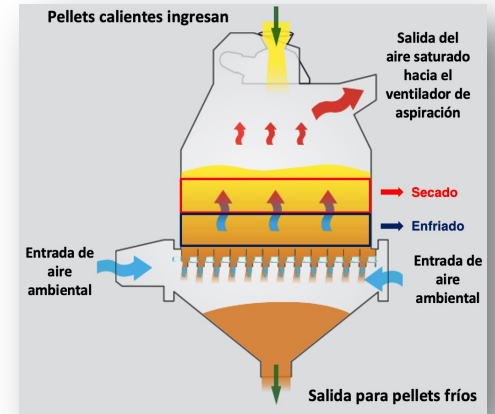
- ¿Qué conclusiones podemos obtener de este ejemplo?:
  - Solo añadimos 2.9% de humedad a la harina en el acondicionador
  - El aire a temperatura ambiente esta a 95°F (35°C) con 50% de humedad relativa
- Menor cantidad de humedad agregada al alimento y aire que ingresa al enfriador es más caliente:
  - Incrementa la capacidad de retención de agua del aire
  - Pellets mas fáciles de secar
- Pellets más secos
  - Plantas de concentrados comerciales = más merma
  - Plantas de concentrados integradas = mayor merma, pero el contenido nutricional del alimento estará más concentrado
    - Mejor conversión alimenticia

# Impacto Económico

- Pérdida de humedad – incrementa la merma
  - Ejemplo - merma del 1%
  - $1,000 \text{ toneladas/semana} \times 1.00\% = 10 \text{ toneladas perdidas de producto} \times \$500/\text{ton} = \$5,000$
- Ganancia de humedad – menos merma, pero puede tener un efecto negativo en la conversión alimenticia
  - Una ganancia del 1% en el contenido de humedad desde las materias primas compradas hasta el alimento terminado es una ganancia del 1.00%
  - $1,000 \text{ toneladas/semana} \times 1.00\% = 10 \text{ toneladas de producto ganado}$
  - El pollo tendrá que comer más alimento para tener la misma ingesta nutricional debido a la dilución del valor nutricional
  - Ganancia del 1% de humedad = pérdida de 2 puntos de conversión alimenticia

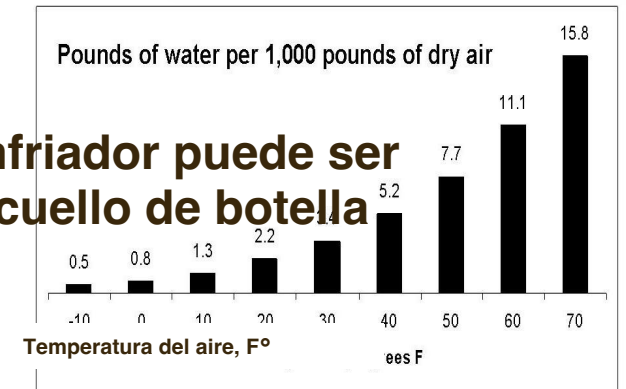
# Manejo del Enfriador

- Consideraciones
  - Flujo de aire
  - Profundidad de la cama y uniformidad
  - Tiempo de retención
- Monitorear temperatura y contenido de humedad de alimentos terminados



Temperatura <sup>1</sup>	Humedad <sup>2</sup>	Acción Correctiva	
		Flujo de Aire	Profundidad de cama
OK	Alta	↓	↑
Alta	Alta	↑	↑
OK	Baja	↑	↓
Baja	Alta	↓	↑
Baja	Baja	↓	-

**El enfriador puede ser su cuello de botella**

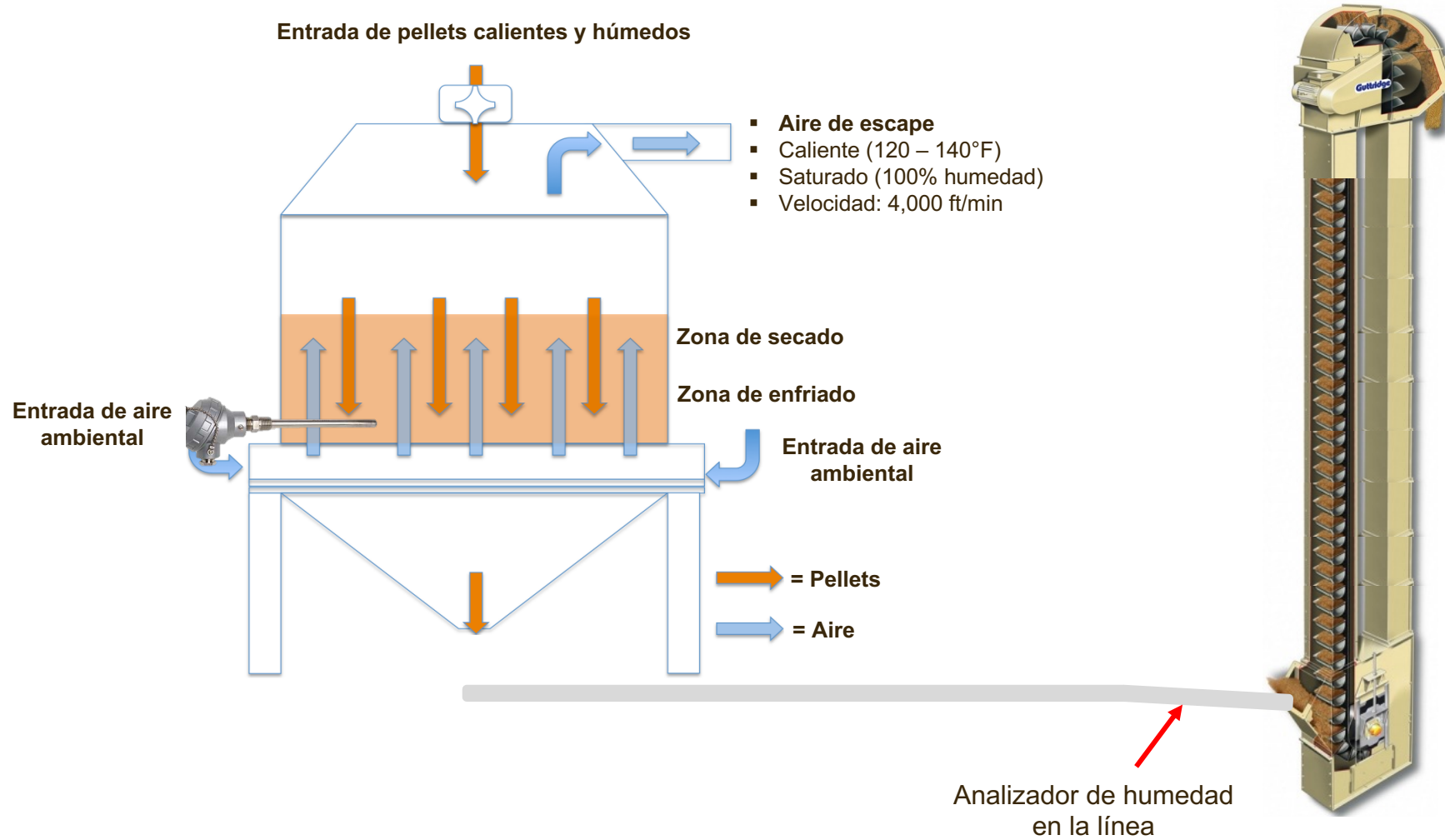


Adaptado de Fairchild, 2015 (IGP Institute, Basic Feed Manufacturing Short Course, Manhattan, KS)

<sup>1</sup> La temperatura de los pellets debe ser 5 - 10° superior a la temperatura ambiente

<sup>2</sup> Contenido de humedad  $\pm$  0.5% de la muestra original de harina

# Que se Puede Hacer?





# Tasa de Producción

Los cambios en la tasa de producción ameritan cambios en las condiciones de enfriamiento



Mayor tasa de producción  
= llenado/descarga más rápidos  
= pellets calientes y húmedos  
con menor densidad  
nutricional

# Sistema de Escape

- Mantener la velocidad correcta dependiendo de la tasa de producción
  - Un mal diseño puede provocar condensación y acumulación de partículas en el sistema de conductos de aire
    - El aire saliendo del enfriador tiene una alta humedad
      - Humedad proveniente de los pellets
    - La condensación de la humedad conduce a la acumulación de partículas húmedas en los conductos
- 120 a 130°F (48.8°C) en el conducto para enfriador horizontal
- 130 a 140°F (54 - 57°C) en conducto para enfriadores de contraflujo

# Sistema de Escape

- La humedad en el aire tiende a condensarse cuando hay ductos o ciclones fríos
  - El aire se enfría cuando baja la velocidad
    - Diámetro de conducto grande
    - Movimiento largo a través de un conducto
    - Riesgo - el aire puede alcanzar el punto de rocío y precipitarse lo que hace caer la humedad junto con cualquier partícula atrapada con la humedad
  - La velocidad de aire en el ducto debe ser 4,000 CFM o superior

# Manejo del enfriador



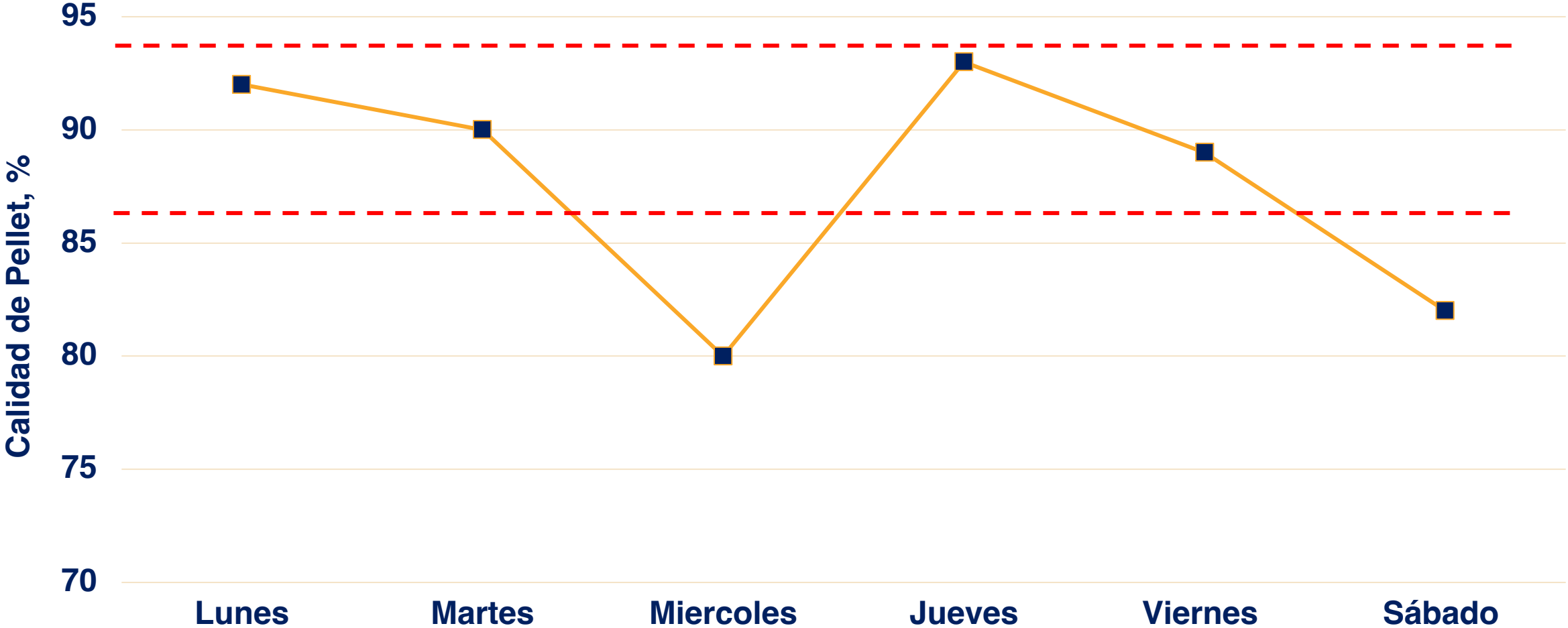
Sensor de temperatura



Sensor de humedad



# Los datos son la piedra angular para la toma de decisiones



# Use los datos para mejorar procesos

## Muestra ID

Temperatura de acondicionamiento, C

Tiempo de retención, segundos

Grasa en la mezcladora, %

Operador

Tasa de producción, tons/hora

Notas

Estaba la peletizadora funcionando de manera constante?

Donde fue colectada la muestra?

# Conclusiones

- Verificar el contenido de humedad y de temperatura del producto terminado es importante para evaluar el proceso de enfriado/secado
  - El enfriamiento no es una situación estática y debe modificarse entre el verano y en el invierno
  - Este preparado para hacer ajustes tanto en la profundidad de la cama como en el flujo de aire, teniendo en cuenta de que mientras más se documenten estos cambios y su impacto en la calidad del alimento, más fácil será la toma de decisiones efectivas

# Producción de Migajas

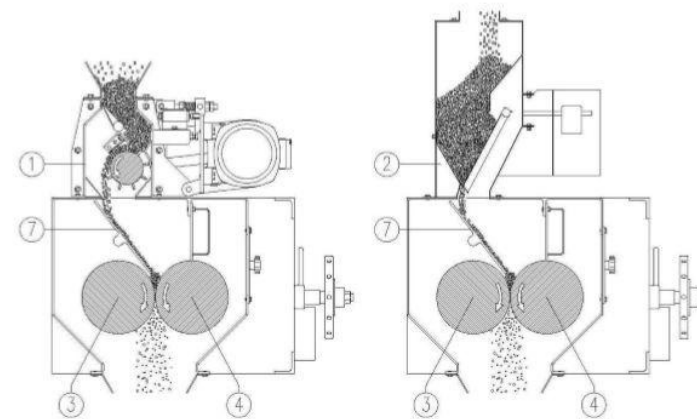
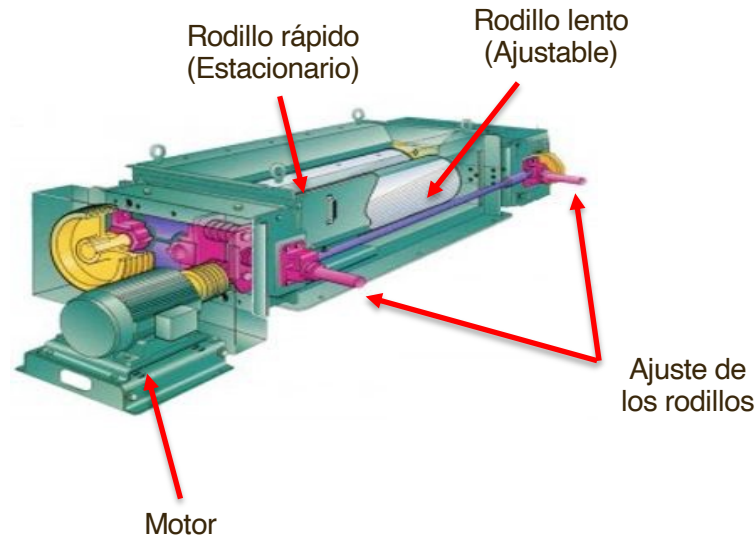
- Debido a limitaciones en el tamaño de pico, los pollitos no pueden consumir pellets enteros con facilidad, por lo tanto se les debe ofrecer harina, migajas o micro pellets (1.8 a 2.2 mm) durante los periodos de pre-inicio e inicio
  - Los pollitos tienen preferencia por las partículas entre 1.0 y 3.0 mm
- Se consigue cortando/quebrando pellets enteros en pedazos más pequeños
  - Más eficiente que cambiar a un dado con orificios más pequeños, ya que la capacidad de la peletizadora disminuye significativamente con diámetros de pellets más pequeños





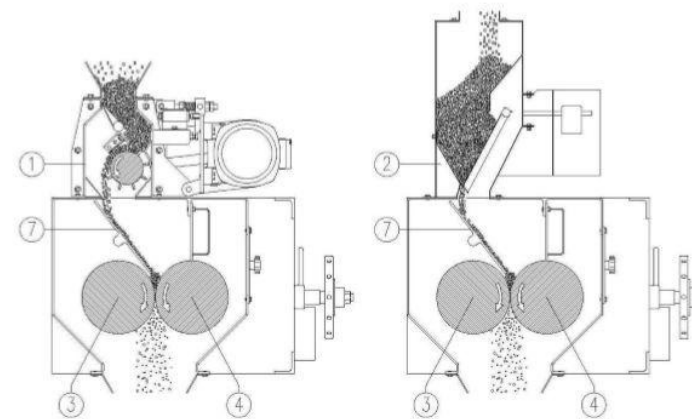
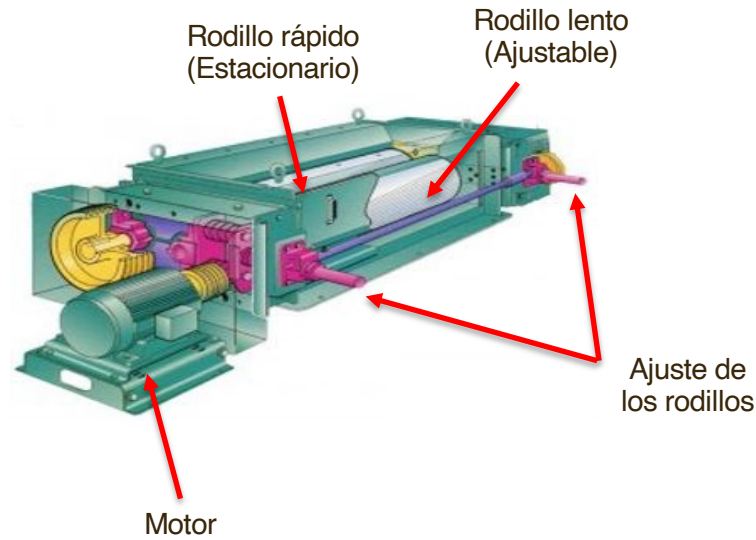
# Crumbler/Migajador

- Usado para romper pellets en pequeñas migajas sin producir muchas partículas finas menores a 1 mm
- Parecido a un molino de rodillos simple con dos rodillos de metal montados sobre cojinetes antifricción y fijados a una estructura de acero, que garantiza la correcta alineación de los rodillos y los mantiene paralelos



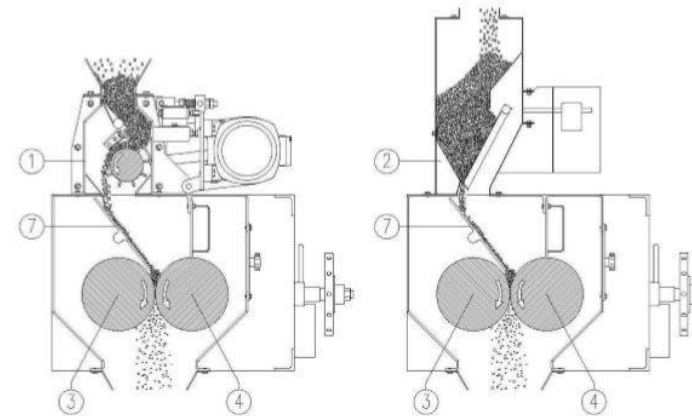
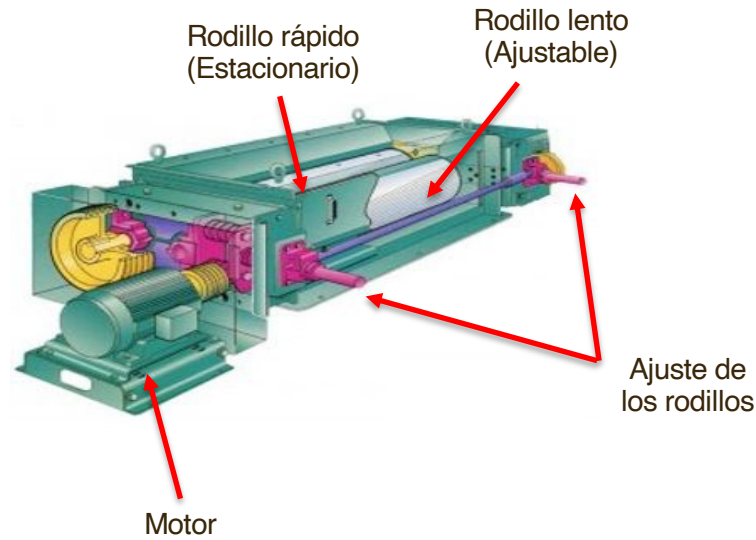
# Crumbler/Migajador

- Las migajas son formadas por la acción de cizallamiento y triturado que se produce entre un rodillo moviéndose más rápido
- El tamaño de las migajas se controla por medio del ajuste de la abertura entre los rodillos
  - Si los rodillos del migajador necesitan un ajuste individual en ambos lados, una buena práctica es contar el número de vueltas al abrir o los rodillos del migajador y luego tomar muestras de diferentes lugares del migajador para garantizar la uniformidad de las migajas



# Crumbler/Migajador

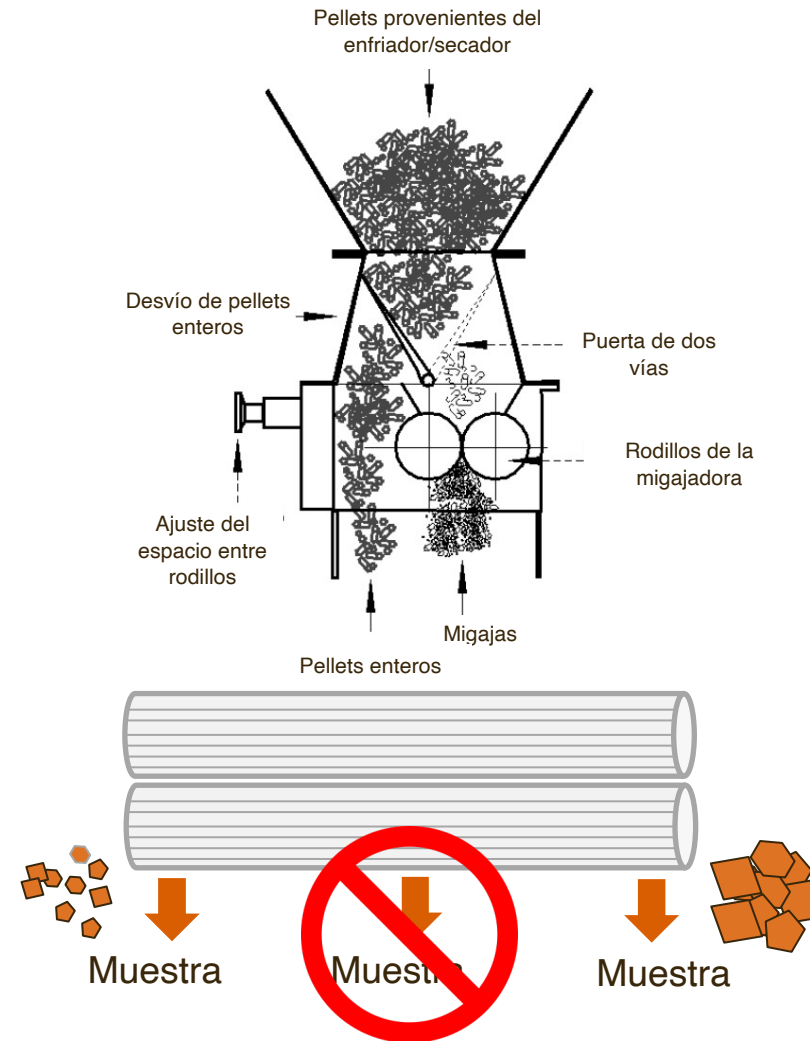
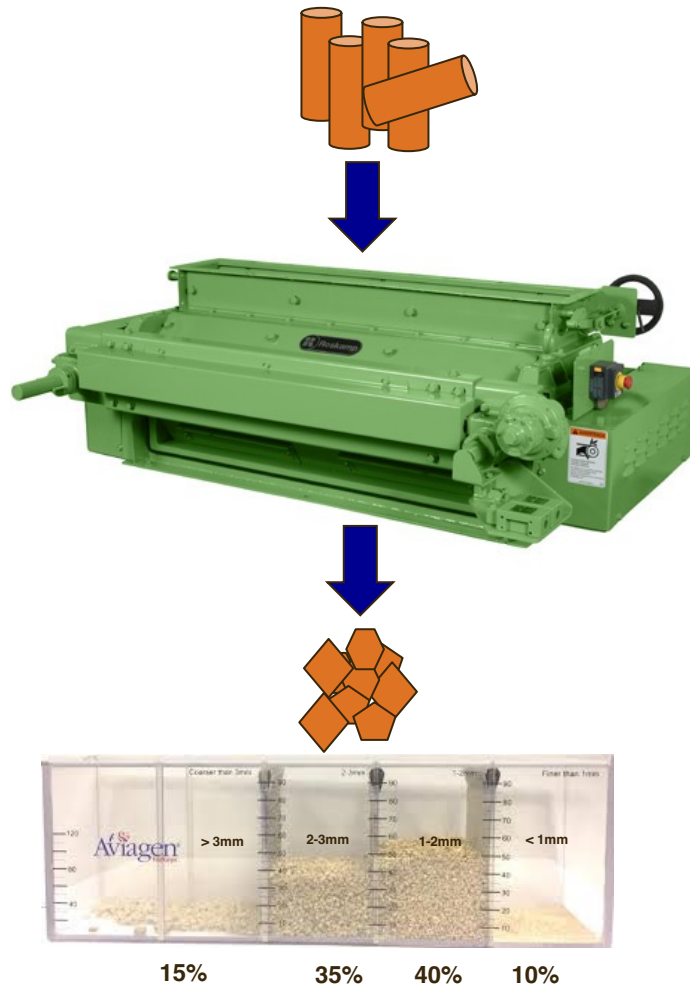
- Los migajadores tienen mecanismos de desvío manuales o automáticos cuando se requiere producir pellets
- Los mecanismos de desvío neumático controlado por el sistema de automatización permiten cambios más eficientes entre dietas en forma de pellets y migajas



# Acción del Crumbler/Migajador

- **Acción de desmoronamiento**
  - Pasar pellets enteros entre un par de rodillos
- **Acción de corte**
  - Girar un rodillo más rápido que el otro
- **Diferencial de velocidad**
  - Por lo general, es una relación de 1.5:1
- **Consideraciones:**
  - Alimentación a través de toda la longitud de los rodillos
  - Ajuste de rodillos para obtener un espacio entre rodillos uniforme

# Producción de Migajas

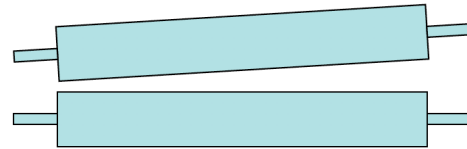


# Ajustes de los Rodillos

## Separación Entre Rodillos (vista para abajo desde arriba)



**Correcto**  
(Separación  
Uniforme)



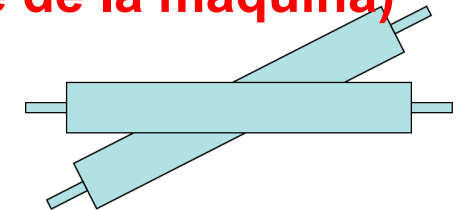
**Incorrecto**  
(Separación Desigual)

**Los rodillos deben estar paralelos**

## Alineación de Rodillos (vista desde enfrente de la máquina)



**Correcto**  
(Rodillos Alineados)

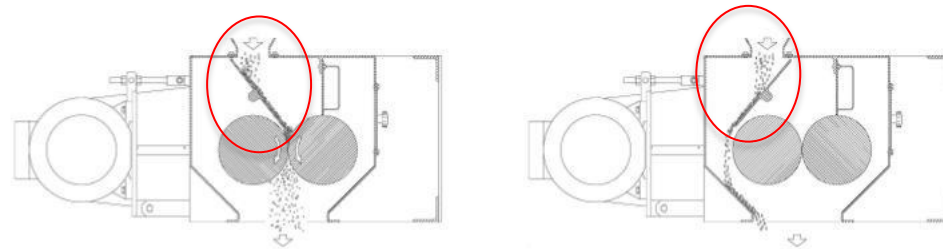


**Incorrecto**  
(Rodillos No  
Alineados)

**Los rodillos deben estar alineados**

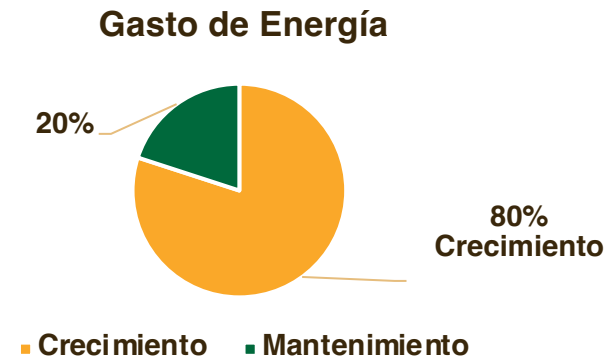
# Ajustes de los Rodillos

- Todos los migajadores deben estar equipados con un método para desviar los pellets en dietas que se van a alimentar peletizadas
  - Los rodillos antiguos tenían una válvula de desvío incorporada
  - En los migajadores nuevos es posible abrir completamente los rodillos y permitir el paso de pellets enteros mientras los rodillos no están funcionando



# Conclusiones

- La calidad de migaja puede influir en el desempeño de las aves
- Es importante ofrecer a los pollitos recién nacidos migajas de buena calidad y uniformes durante los primeros días de vida
  - Reduce la mortalidad a los 7 días (< 1%)
  - Incrementa el peso corporal a los 7 días ~ 4.5 veces (40 a 180 g)
    - Durante los primeros 7 días 80% de la energía es usada para crecimiento y 20% para mantenimiento
    - 1 gramo extra a los 7 días = 7 gramos extra al procesamiento





# ¿Preguntas?



**Wilmer Javier Pacheco, MSc., PhD.**  
**Especialista de Extensión y Profesor Asociado**  
**Universidad de Auburn**  
[wjp0010@auburn.edu](mailto:wjp0010@auburn.edu)