

Molienda de Precisión: Optimizando la Energía a Través del Tamaño de Partícula



Wilmer Pacheco
Universidad de Auburn
Alabama, USA



Experiencia Profesional



2005

**B.Sc. Agro Industria
Escuela Agrícola Panamericana**



Smithfield

2006

Supervisor de Planta de Concentrados



2011

**M.Sc. Avicultura
Universidad de Carolina del Norte**

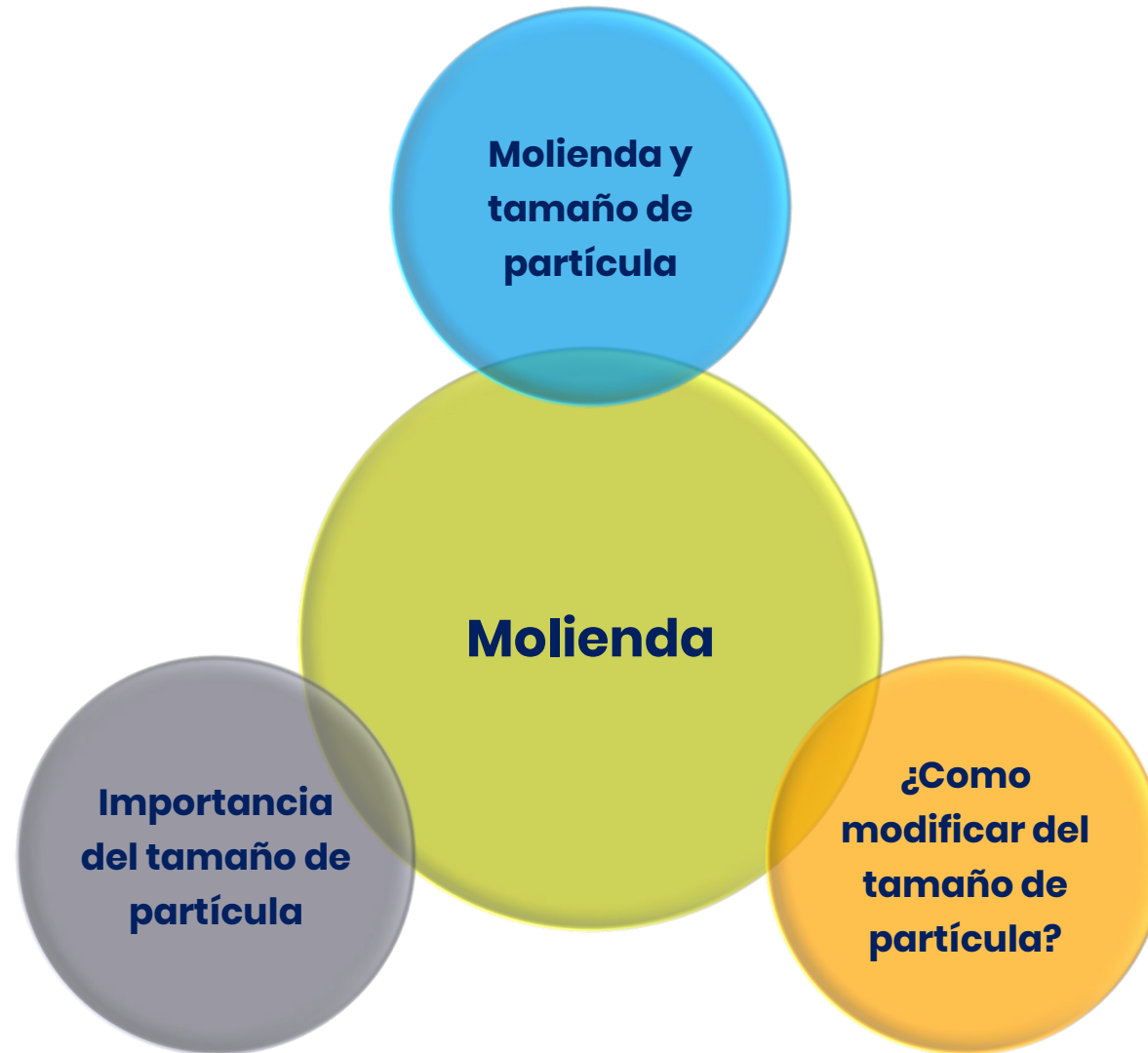
2014

**PhD. Nutrición y Fisiología
Universidad de Carolina del Norte**

2015

**Profesor Asociado y Especialista en Extensión
Universidad de Auburn**





- Las mejoras en la selección genética han permitido a que los pollos de engorde:
 - Alcancen el peso de mercado en menos tiempo
 - Sean más eficientes convirtiendo alimento en carne y huevos



1957
120 días
3.1 Libras



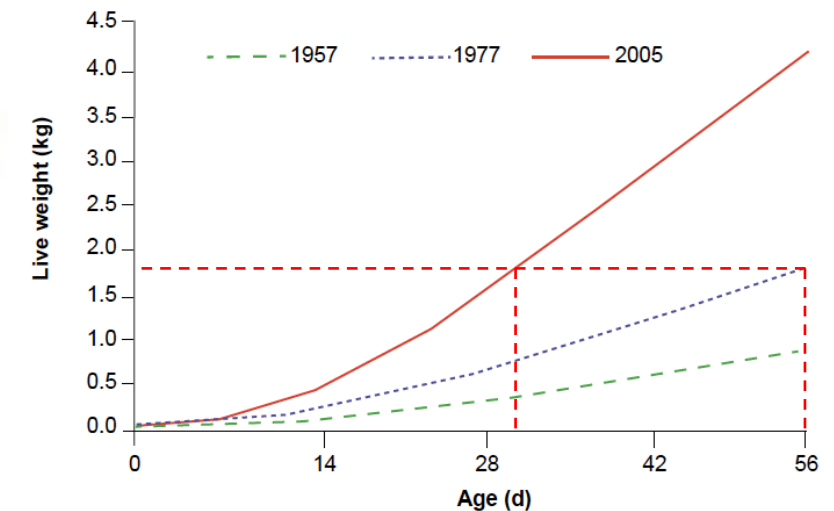
2007
35 días
4.5 Libras
1.55 FCR



2019
33 días
4.5 Libras
1.40 FCR



2022
32 días
4.5 Libras
1.32 FCR



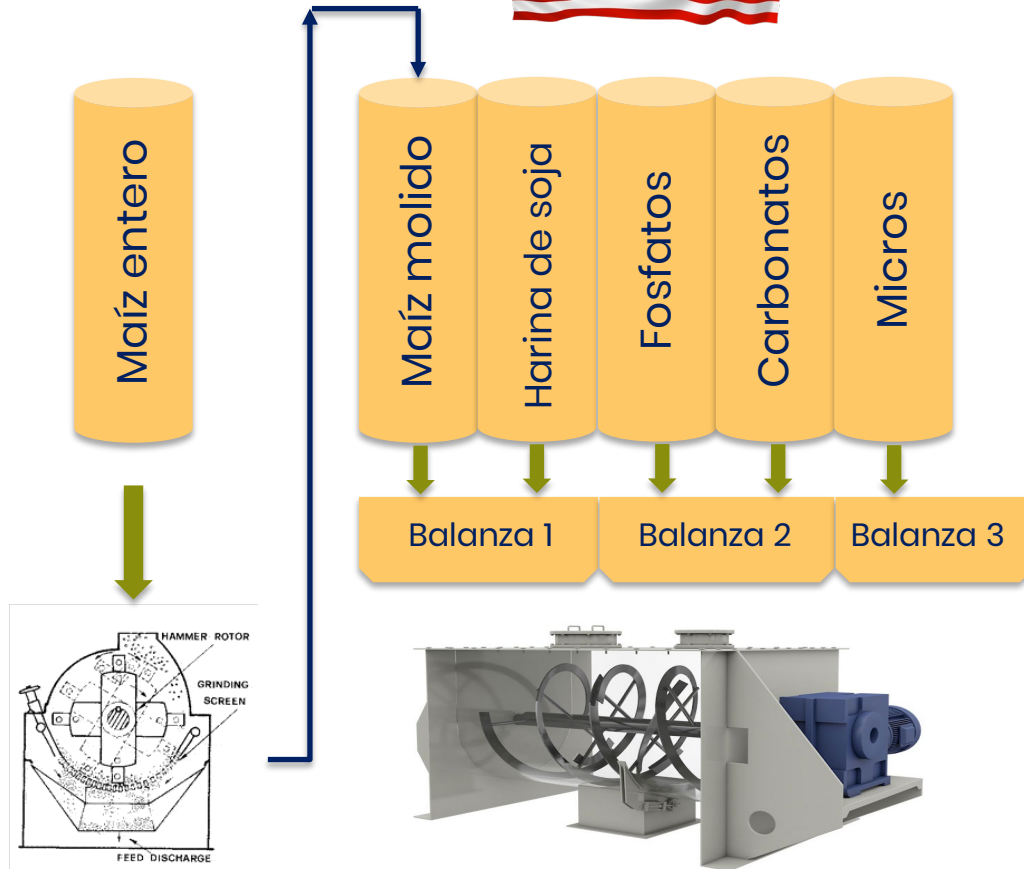
Zuidhof et al. 2014

- **La mayoría de los ingredientes utilizados en la alimentación animal requieren algún tipo de molienda**

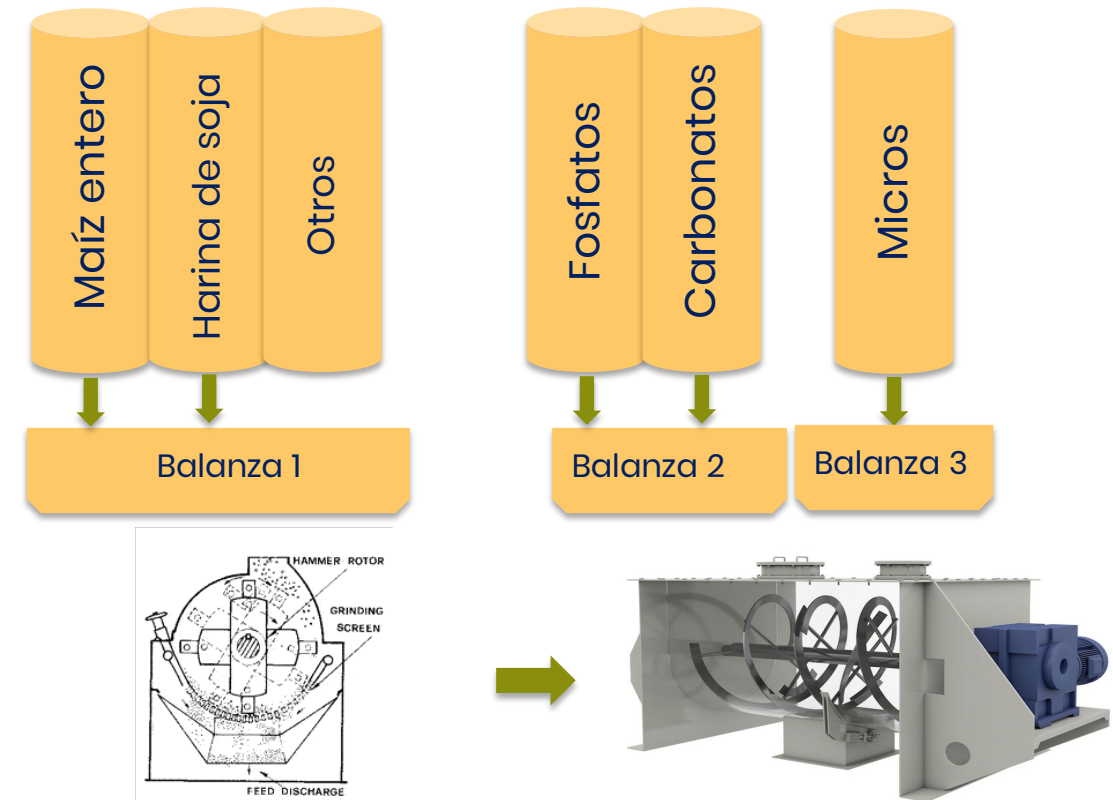


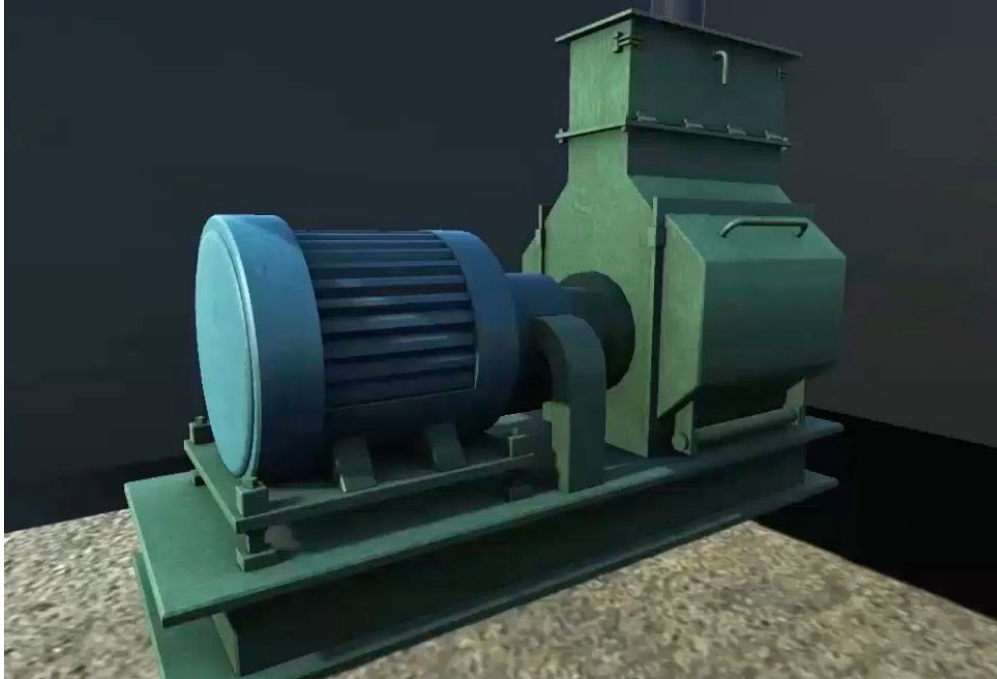
Diseño de Plantas de Concentrados

Pre molienda

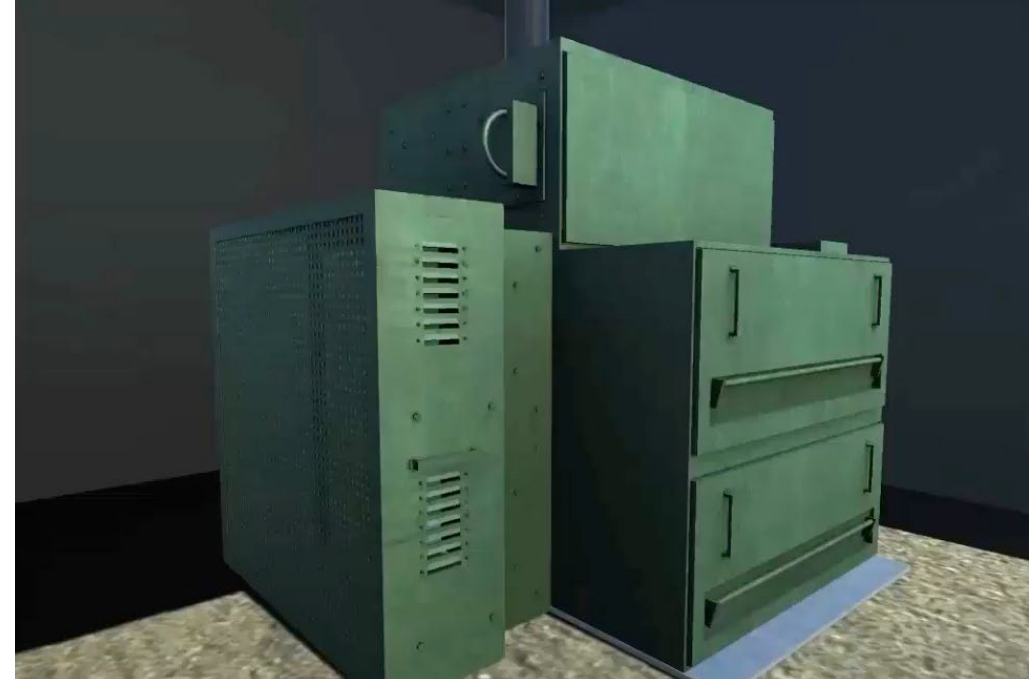


Post molienda



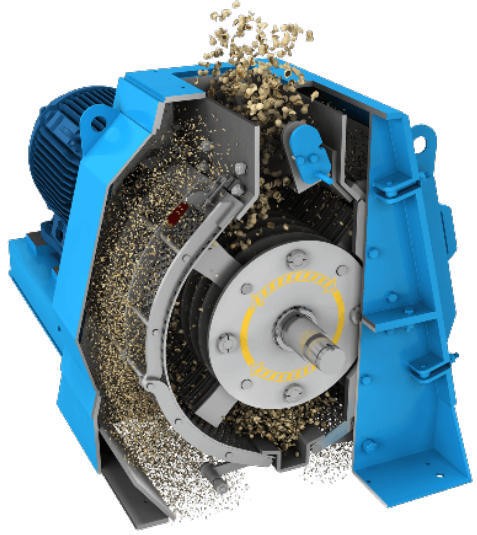


Molino de Martillos

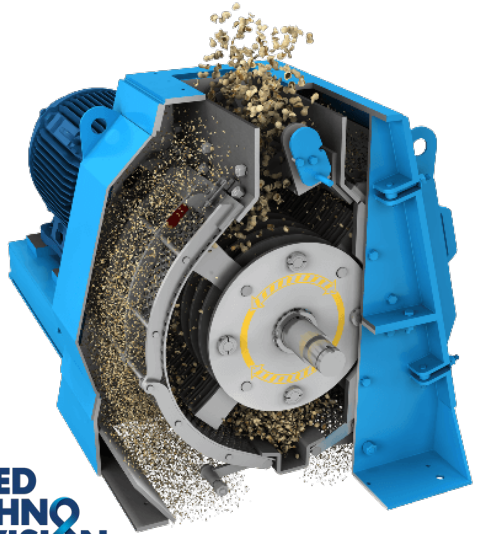


Molino de Rodillos

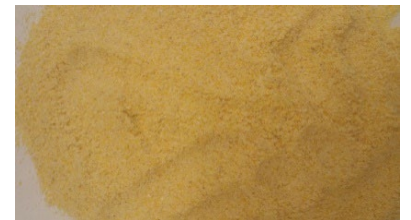
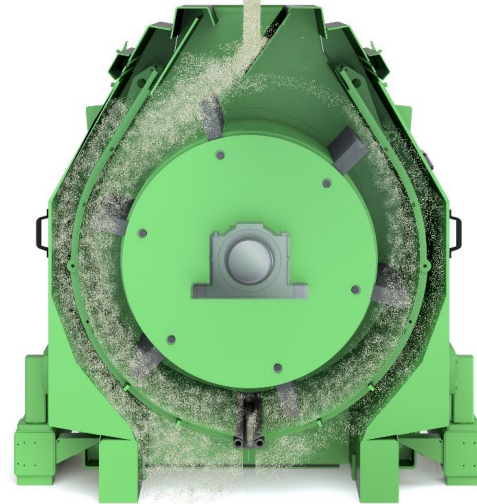
- **Los molinos de martillos son la opción más común para las instalaciones que producen dietas peletizadas**



Molienda en cascada

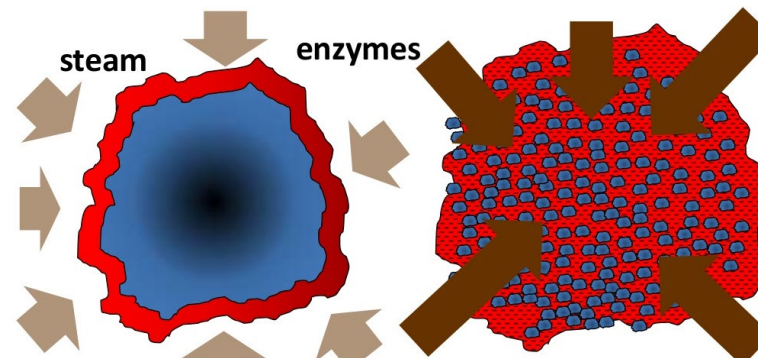


Molienda por pasos

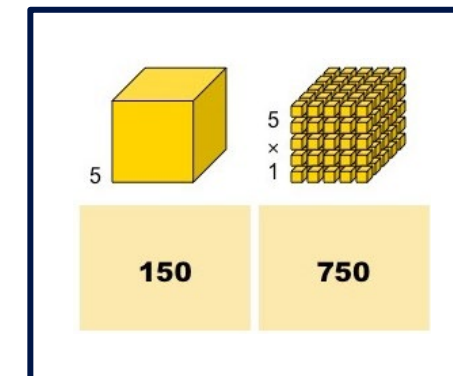


Objetivos de la Molienda

- Reducir el tamaño de partícula de los ingredientes
- Reducir segregación después del mezclado en dietas alimentadas en harina
- Incrementar área superficial
 - **Mayor penetración de calor y humedad durante el acondicionamiento**



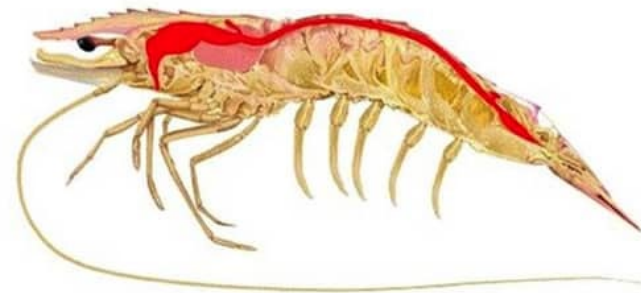
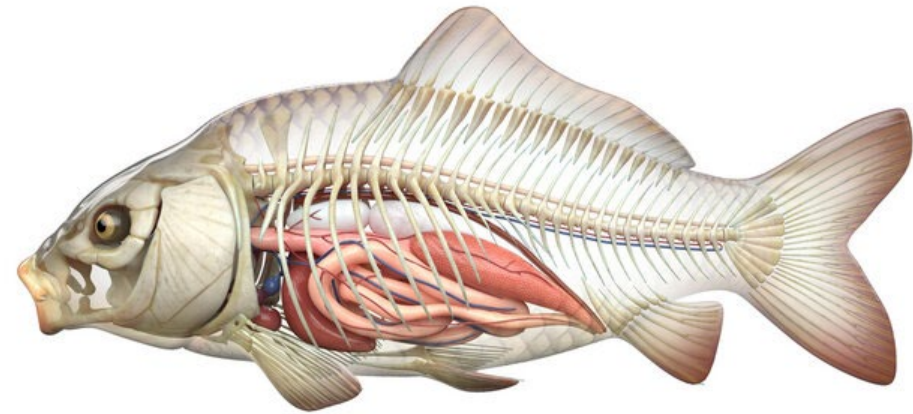
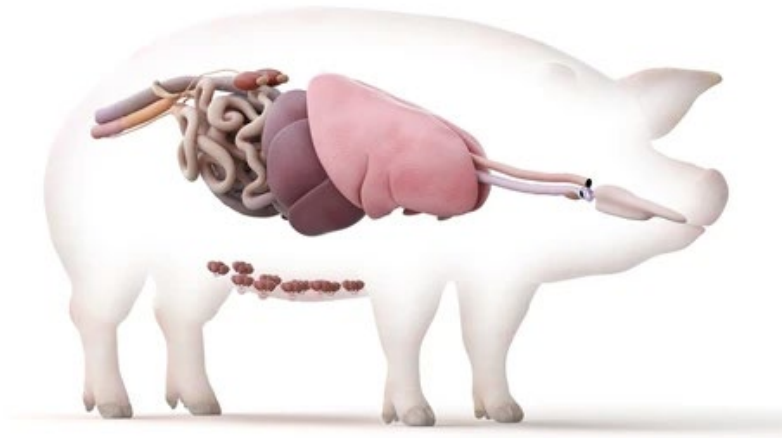
Area superficial= $6a^2$



- Aumentar la cantidad de materiales expuestos al sistema digestivo del animal
- **Recuerden: Las aves tienen su propio órgano de molienda**

Discutamos el efecto del tamaño de partícula en el rendimiento animal

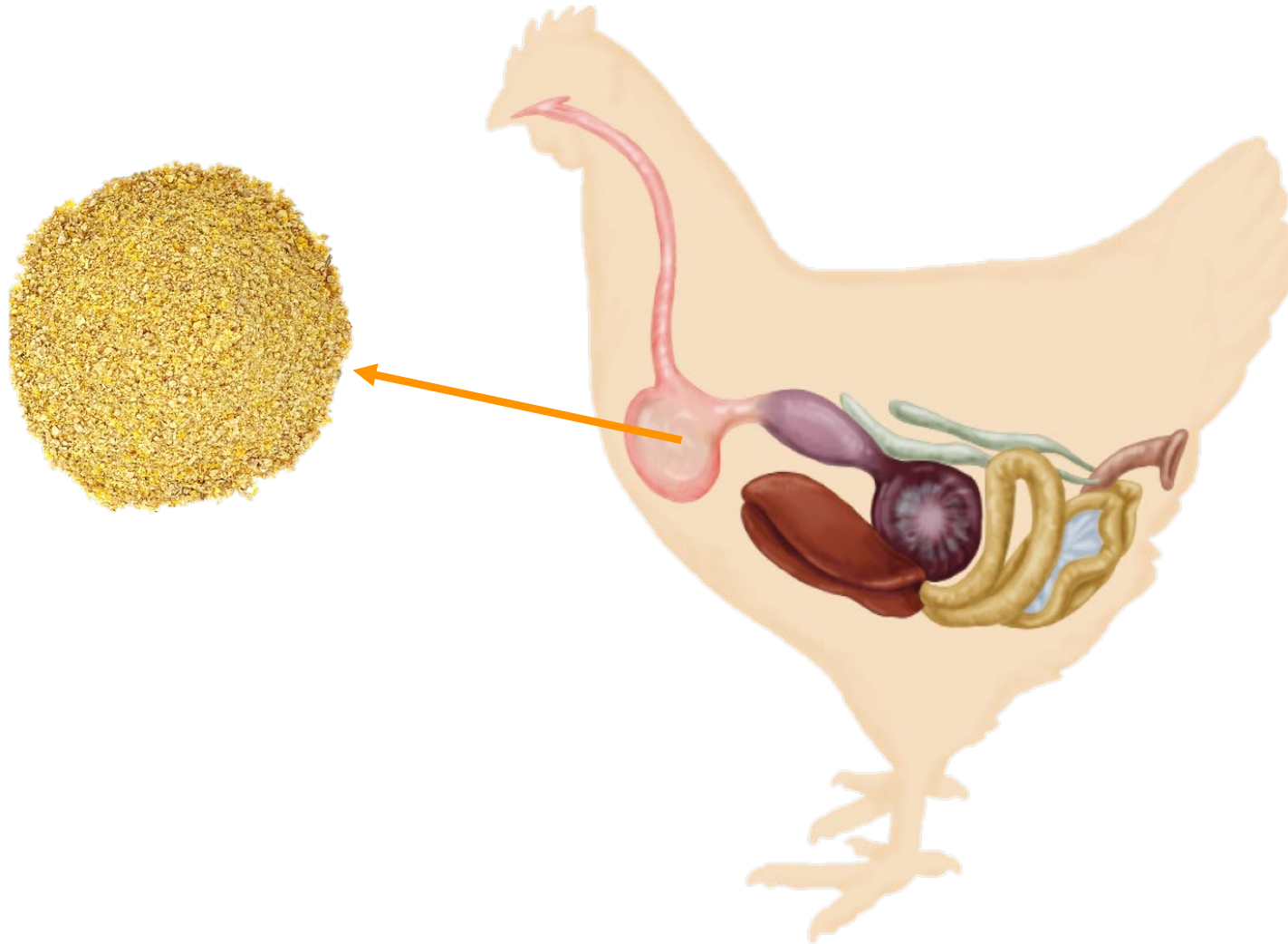
Entienda la Fisiología de los Animales



“No sacrifique micro estructura para mejorar macro estructura”



Importancia de la Micro Estructura del Pellet

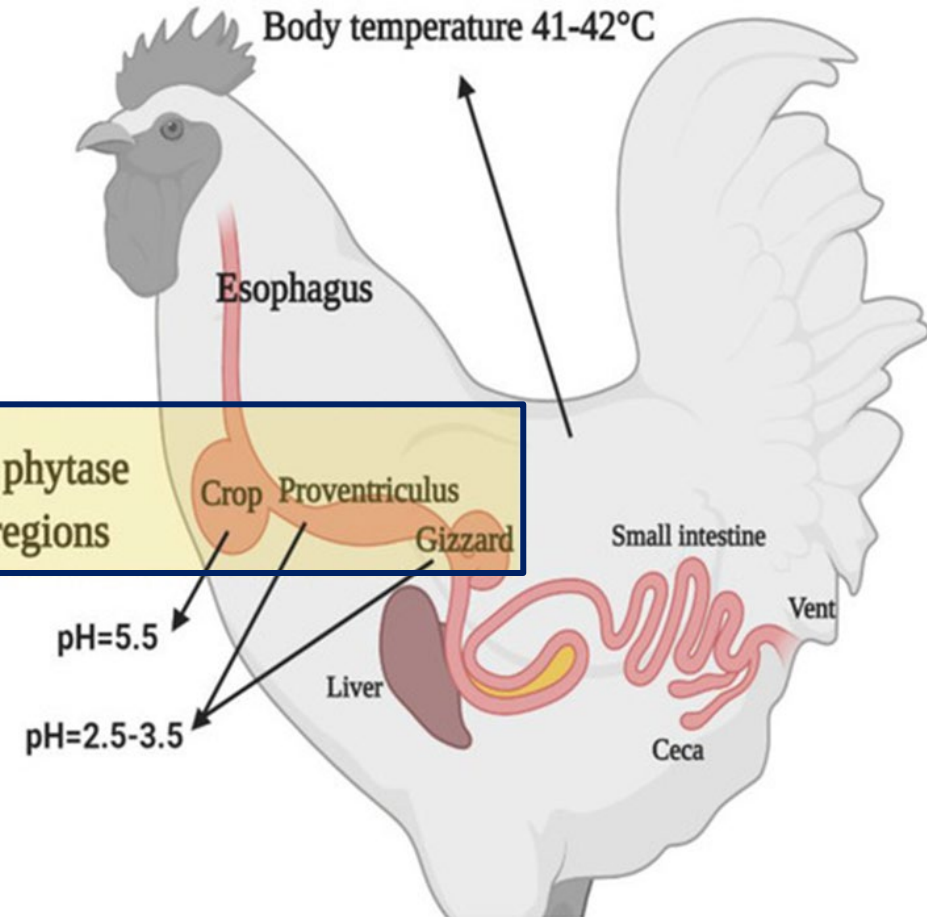


- ***pH bajo en la molleja:***
 - *Inactiva bacterias patógenas*
 - *Mejora la solubilidad y absorción de minerales*

1. Phytate-calcium precipitation at different pH values (2.0-7.0)

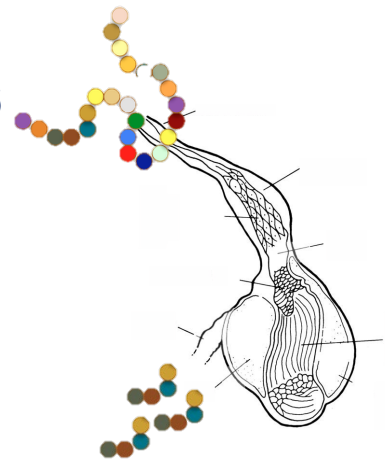
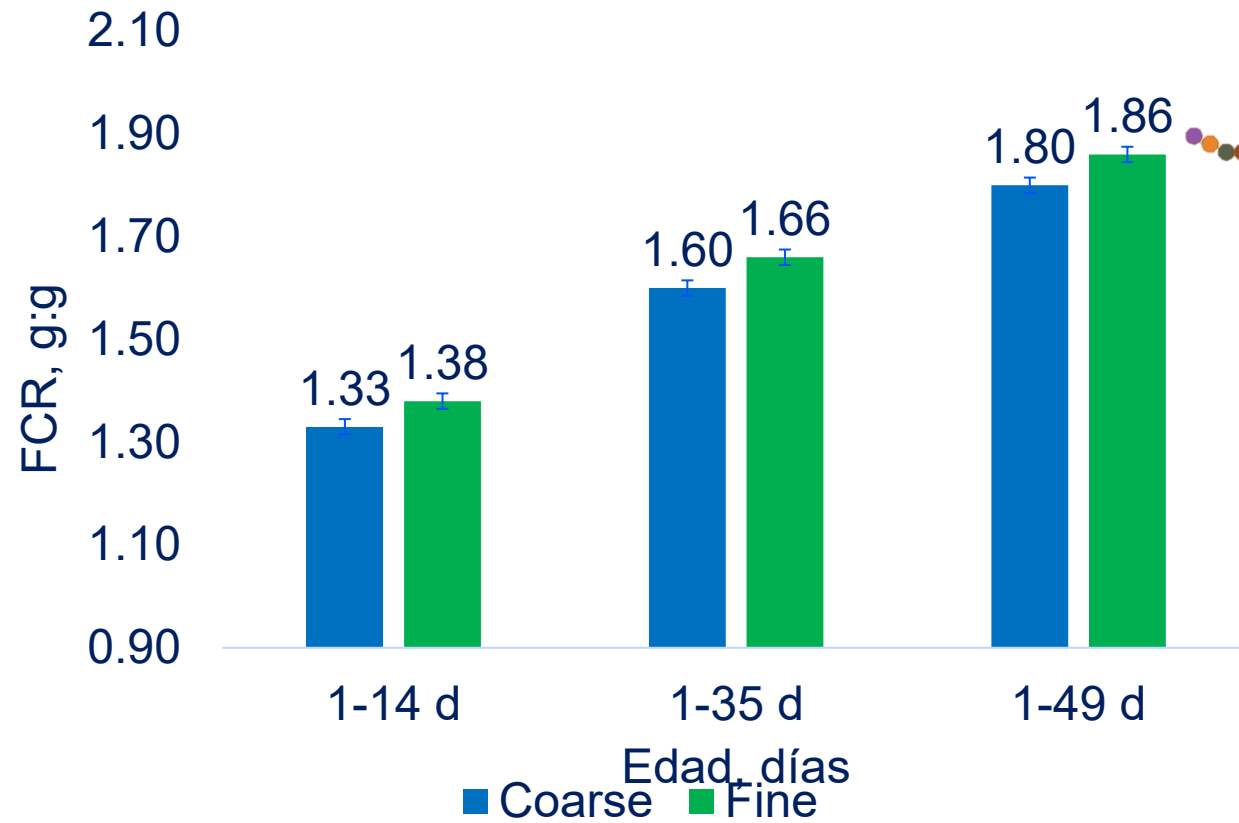
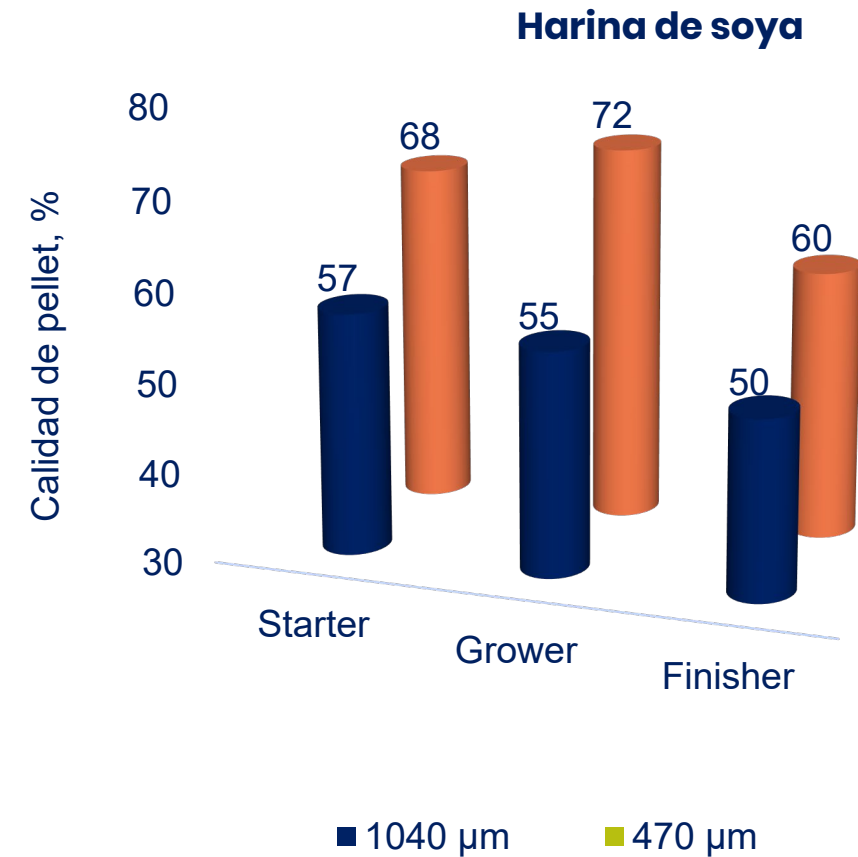


Source: University of Maryland



From Nezhad et al., 2020

Granulometría y Calidad de Pellet



Inclusión de Maíz Grueso



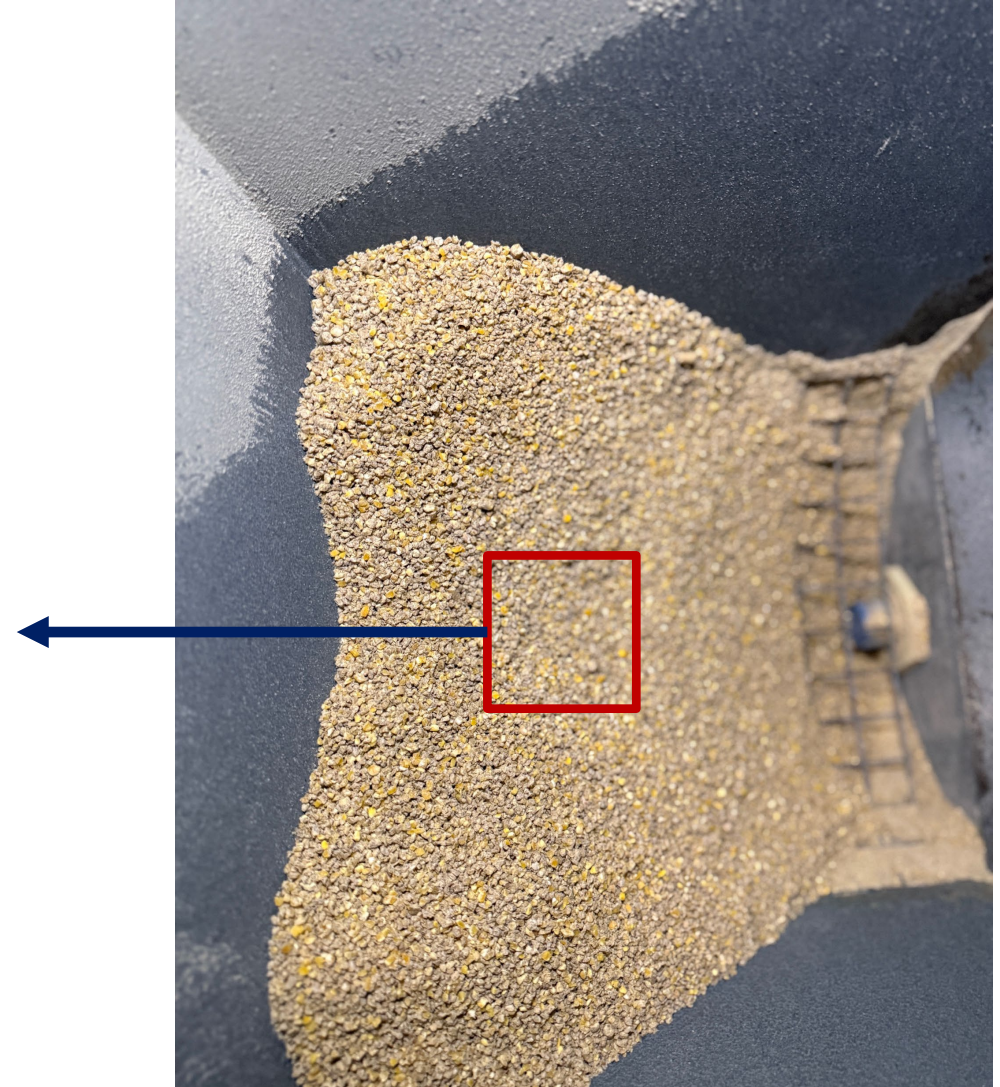
Medición del desempeño	Maíz entero, %	
Maíz grueso, %	0	50
42d Peso corporal, g	2,929 ^b	3,059 ^a
1 a 42 d FCR, g:g	1.94 ^a	1.82 ^b
Relación molleja/proventrículo, g/g	2.11 ^b	3.44 ^a
Molleja, pH	4.67 ^a	4.1 ^b
Tiempo de retención del alimento, min	212	265
Digestibilidad de proteína, %	74.0 ^b	76.5 ^a
Digestibilidad de energía, %	61.9 ^b	66.1 ^a
Humedad en la cama a los 42 días, %	36.0	29.0

Maíz fino = 294 µm Maíz grueso = 1362 µm

Una dieta de inicio común fue alimentada de 1 a 14 días de edad

Dietas peletizadas

Xu et al., 2014



Proventrículo: Secreta
enzimas digestivas y
ácidos

Molleja: Órgano
mecánico que controla
el peristaltismo reverso



Cereales/Fuentes proteicas



Otros
ingredientes



Harina



Hasta ahora, nos hemos centrado en el efecto del tamaño de las partículas de los granos de cereales o las harinas proteicas en el rendimiento de las aves

Molienda

Pellet Mill



Alimento Peletizado

Conocer el tamaño de partícula dentro de la micro estructura del pellet puede ayudarnos a predecir con mayor precisión los requisitos de tamaño de partícula de las aves

Granulometría – Microestructura del Pellet

120 gramos
Pellets enteros

300 ml
agua @ 45°C

0.5 gramos de Hexa-
meta-fosfato de sodio

Mezclar por
10 segundos

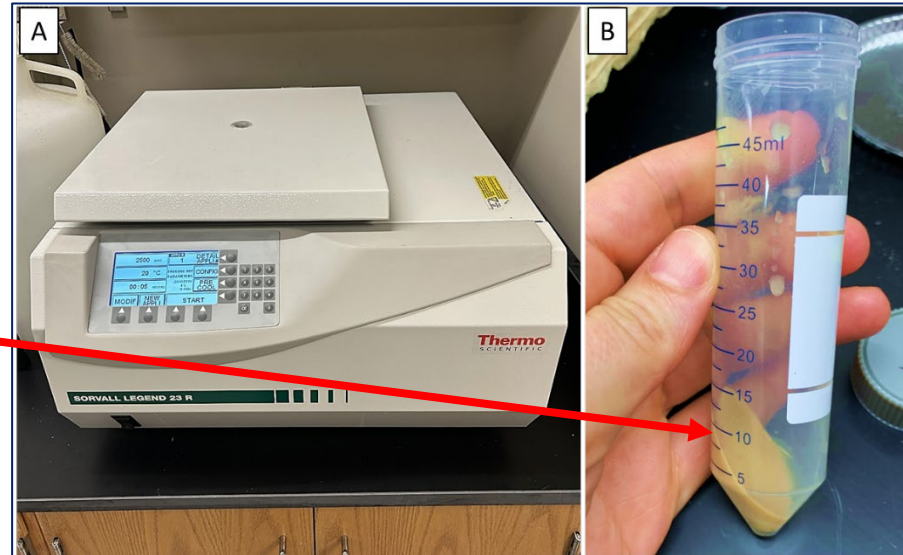


Granulometría – Microestructura del Pellet

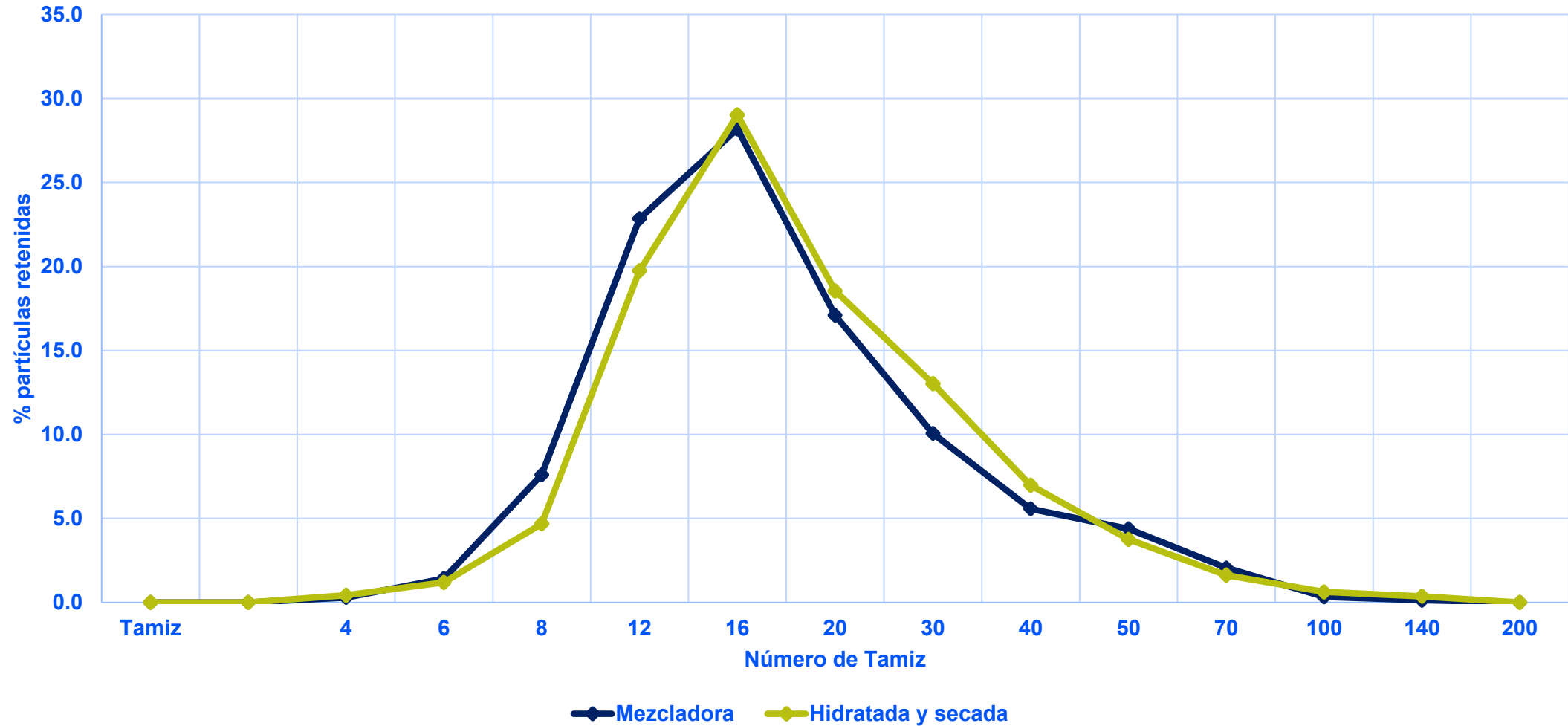
Remover el exceso
de agua



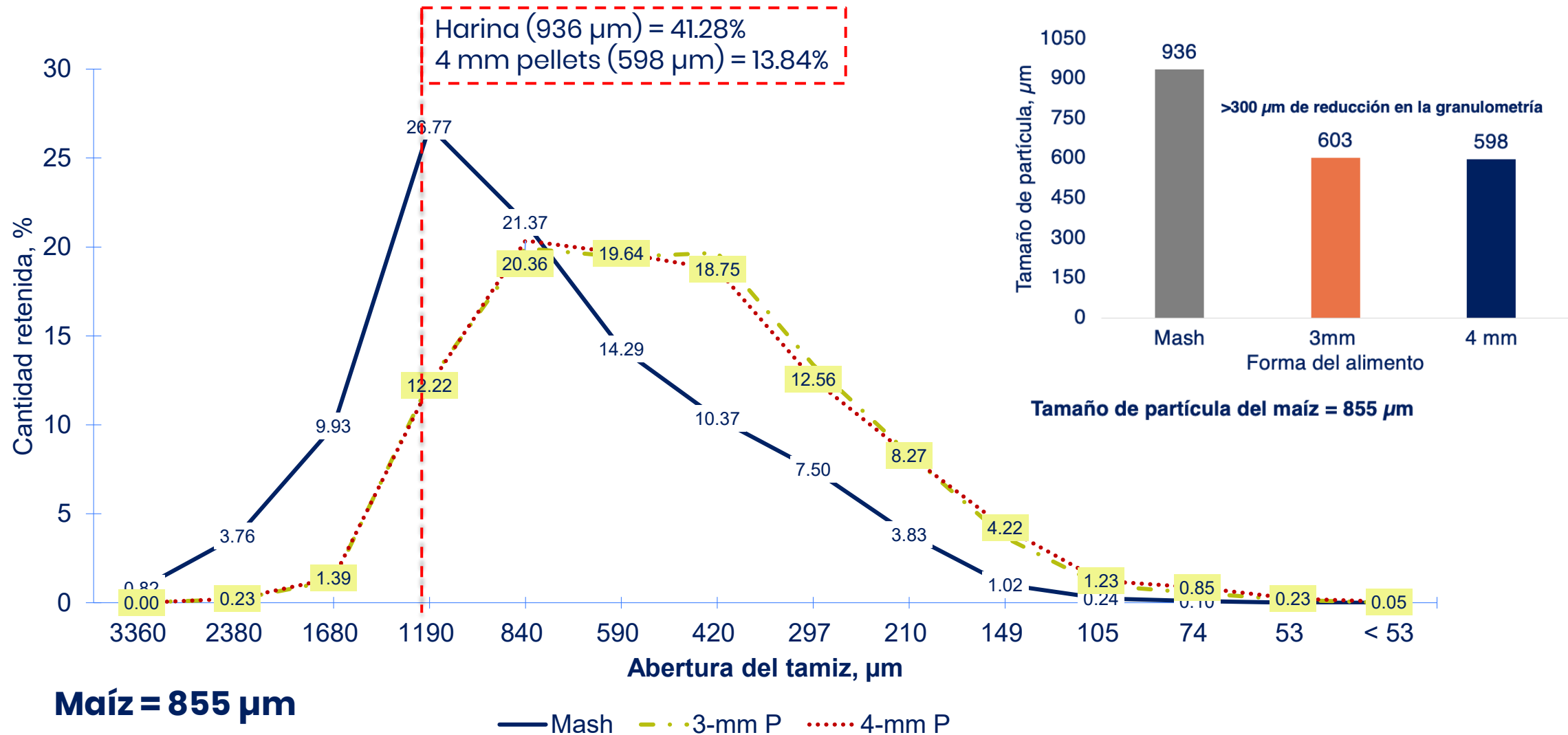
Centrifugar



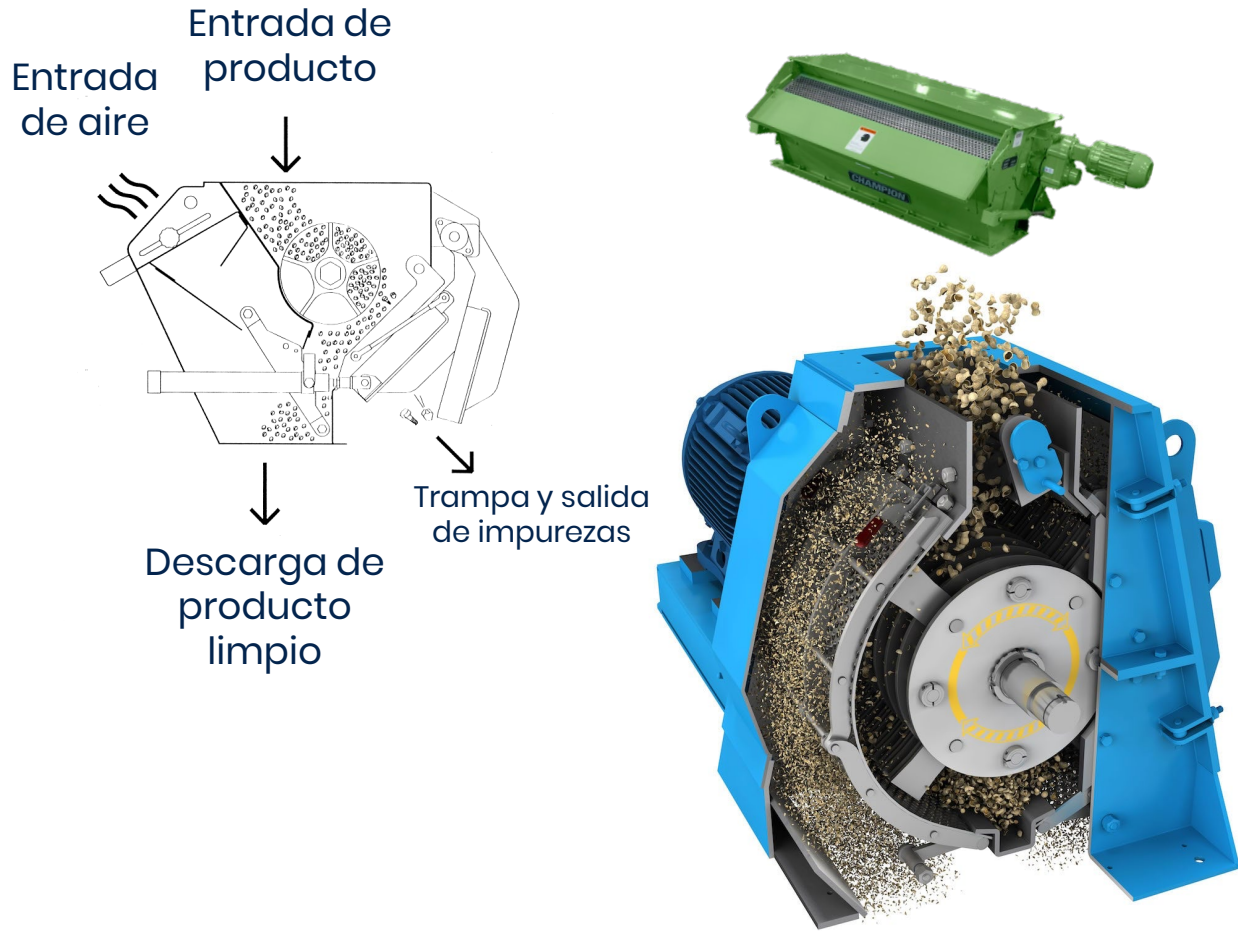
Granulometría – Microestructura validación



Peletizado – Molienda Adicional



Discutamos estrategias para modificar la granulometría



- **Alimentador**

- Alimentación uniforme a lo ancho de la cámara de molienda
- Fácil de automatizar
- Disponible con imán de autolimpieza

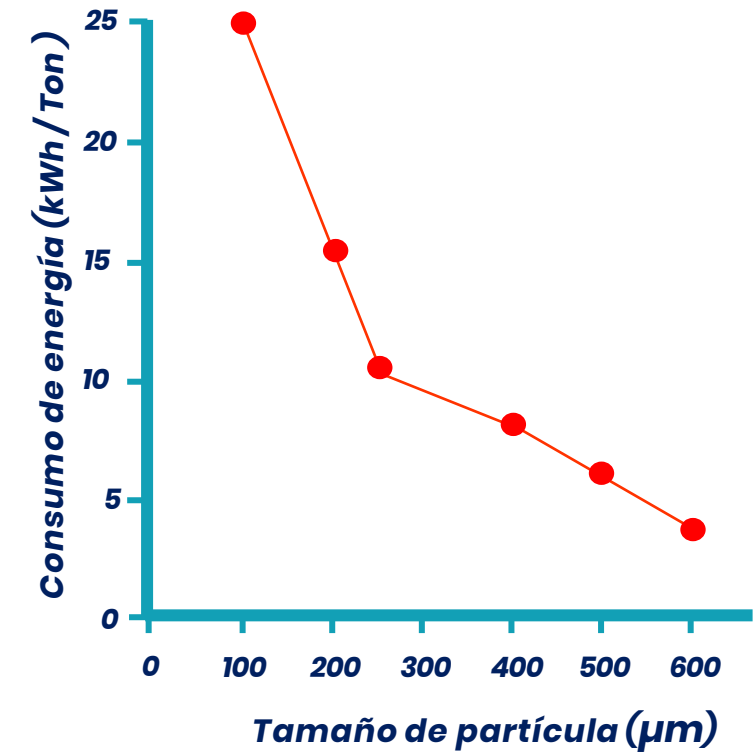
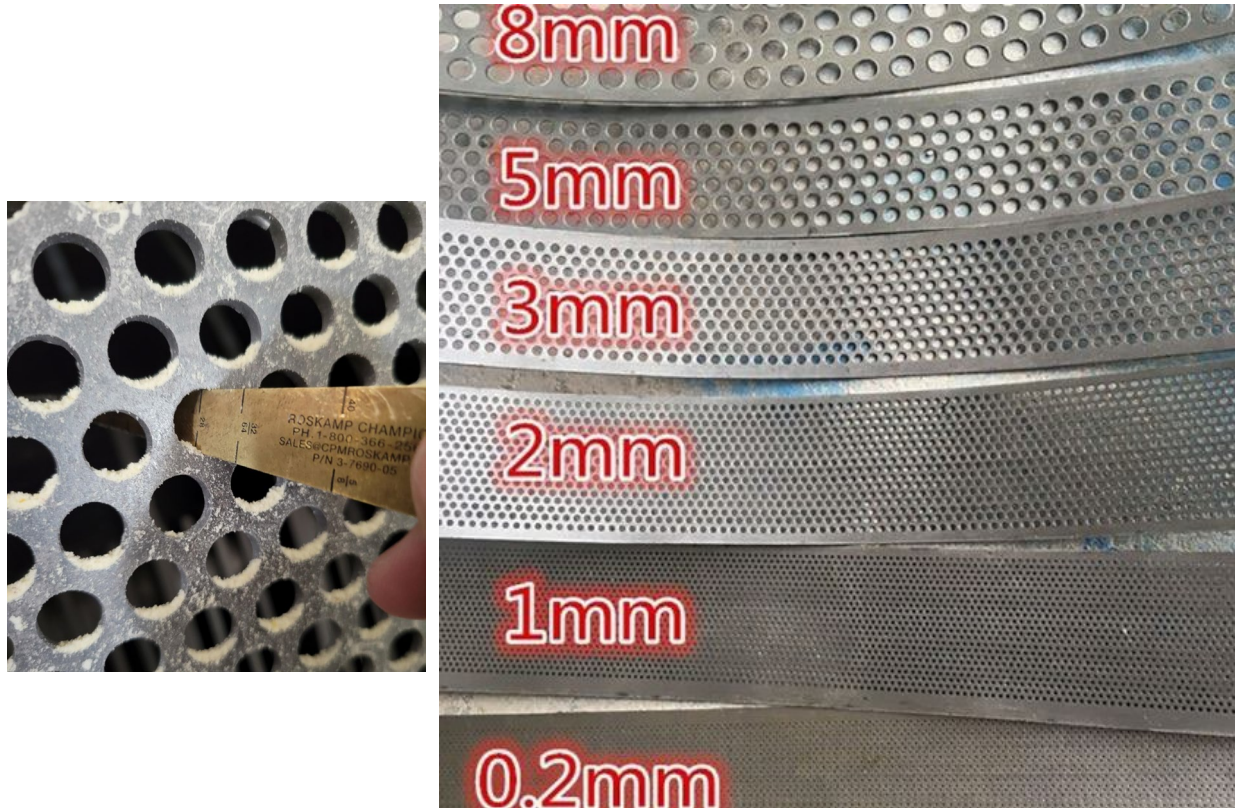
- **Consideraciones**

- Asegurarse que los alimentadores no están rotos y no tienen fugas de producto
 - Importante si se pasa de moler maíz a moler trigo
 - Granos más pequeños



Factores que Influyen en el Tamaño de Partícula

Tamaño de la criba

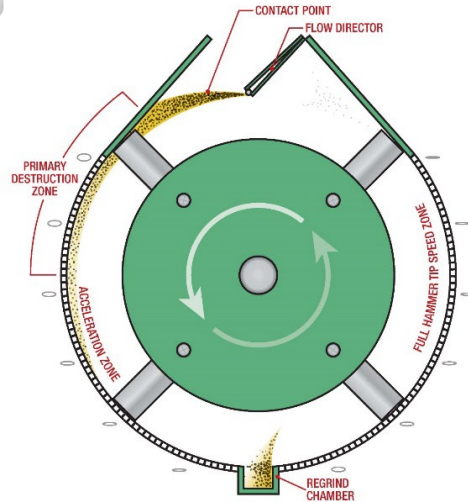


Factores que Influyen en el Tamaño de Partícula

Diámetro del rotor

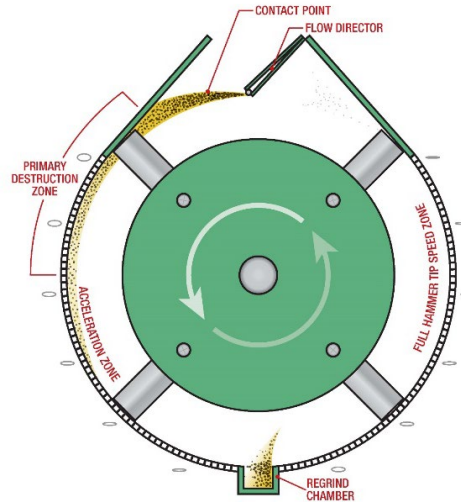


38 Series



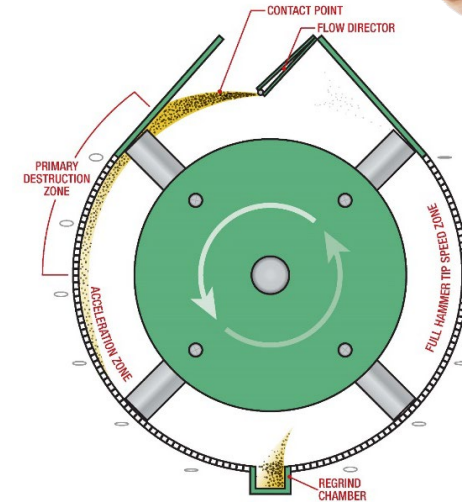
38" Diámetro (**965 mm**)
1800rpm: 17,907 pies/min (**91m/s**)
o 203 mph (**326 km/h**)

44 Series



44" Diámetro (**1118 mm**)
1800rpm: 20,734 pies/min (**105m/s**)
o 235mph (**378 km/h**)

54 Series



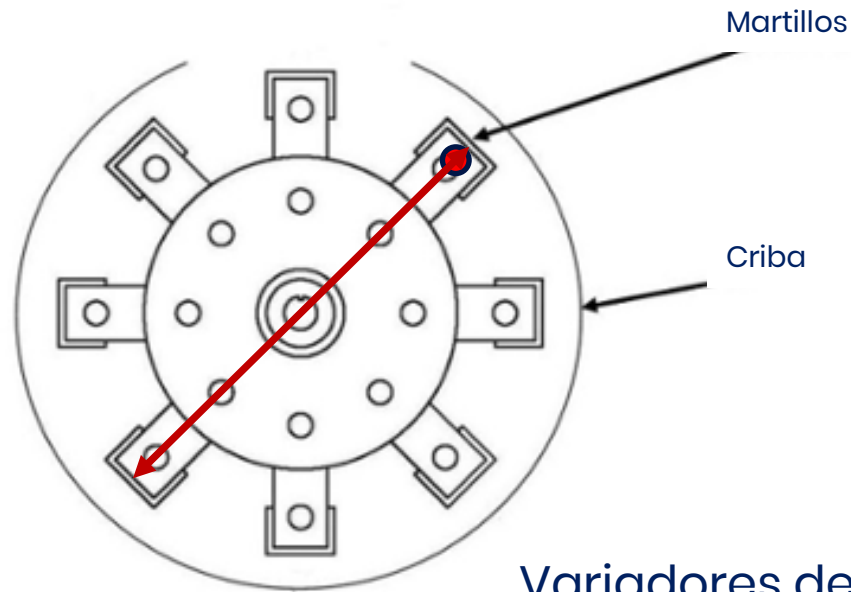
54" Diámetro (**1372 mm**)
1800rpm: 25,446 pies/min (**129m/s**)
o 289 mph (**465 km/h**)



Factores que Influyen en el Tamaño de Partícula

Velocidad de punta de los martillos

Diámetro, Pulgadas	Ancho	RPM	Velocidad, pies/min	Velocidad, m/s	Rango HP
38	48	1800	17,898	91	300 – 350
44	48	1800	20,730	105	300 – 450
54	48	1800	25,434	130	350 - 500



$$P = 2 \pi r = \pi D$$

$$P = 3.1416 \times D$$

$$P = 3.1416 \times \mathbf{38''}/12$$

$$P = 3.1416 \times 3.167 \text{ pies}$$

$$\mathbf{P = 9.94 \text{ pies}}$$

$$\text{Motor} = \mathbf{1,800 \text{ rpm} \times 9.94 \text{ pies}}$$

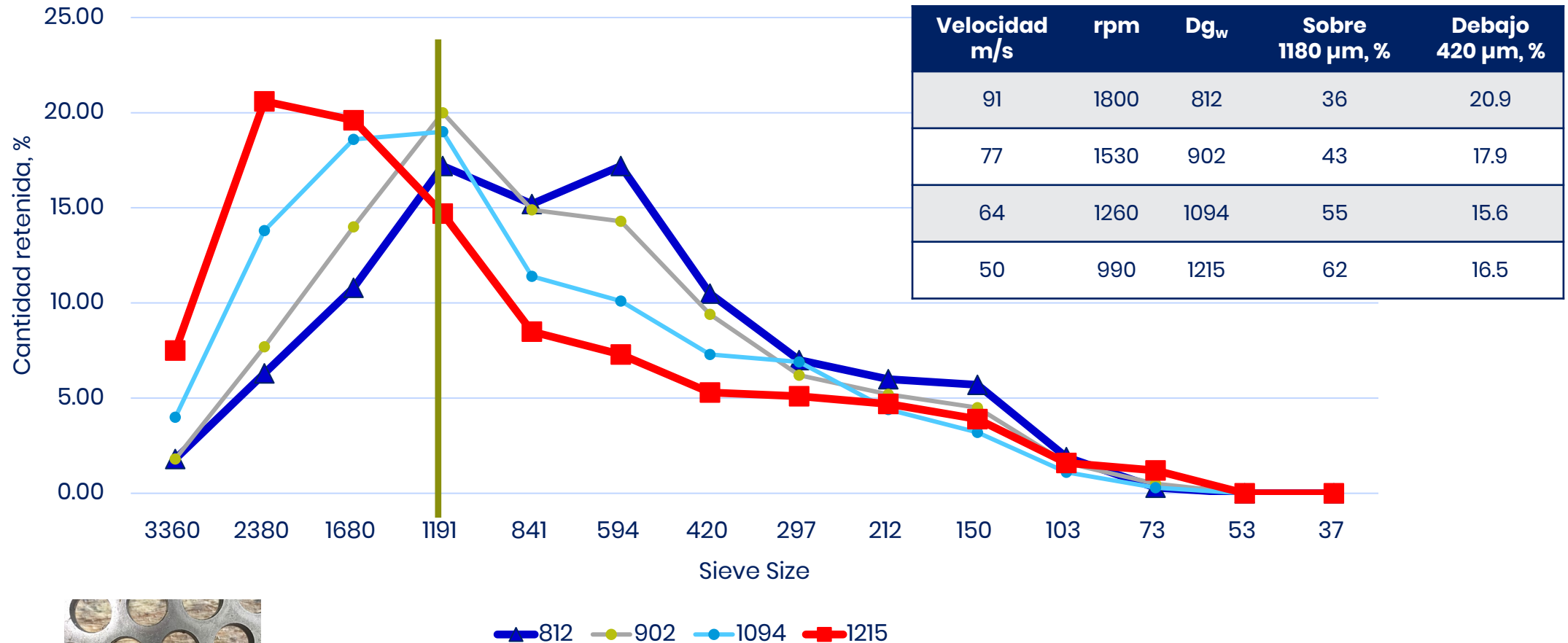
$$\mathbf{\text{Pies/min} = 17,898}$$

$$\mathbf{\text{m/s} = 91}$$

Variadores de velocidad en el motor principal pueden ayudar a controlar el tamaño de partícula al ajustar la velocidad de la punta de los martillos

Factores que Influencian el Tamaño de Partícula

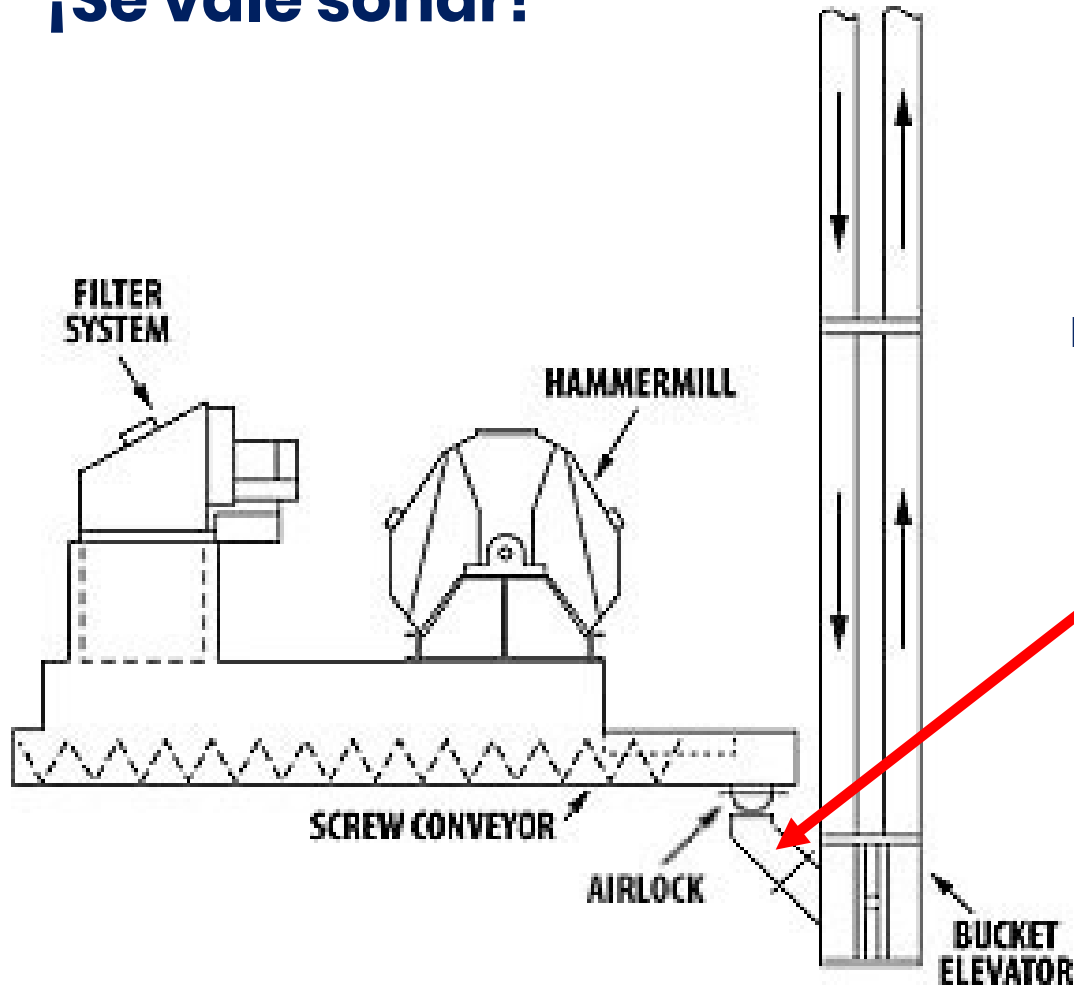
Velocidad de punta de los martillos



El maíz fue molido usando una criba de 7.9 mm

Tecnologías para Modificar Tamaño de Partícula

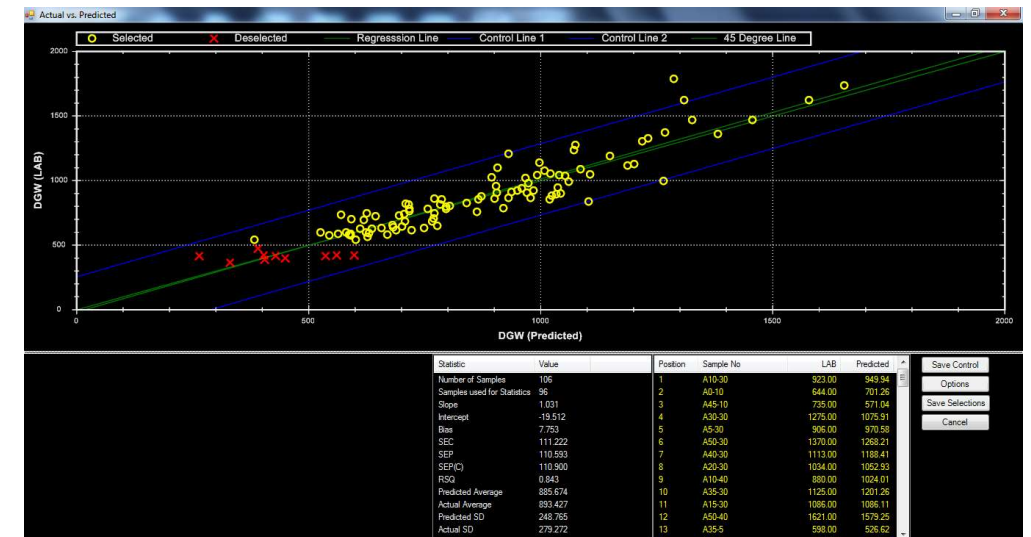
¡Se vale soñar!



NIR – Granulometría
del ingrediente
molido

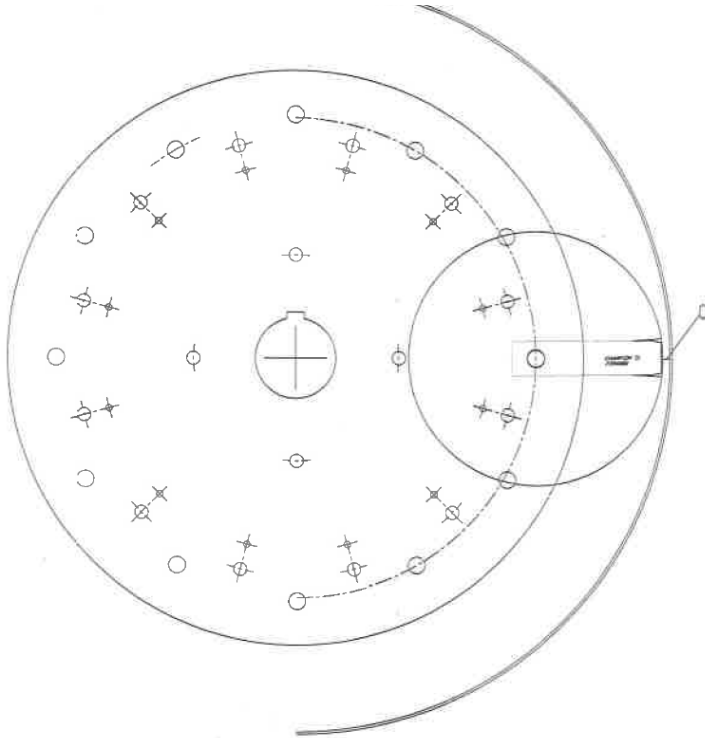


Ajuste automático de la
velocidad de punta de los
martillos



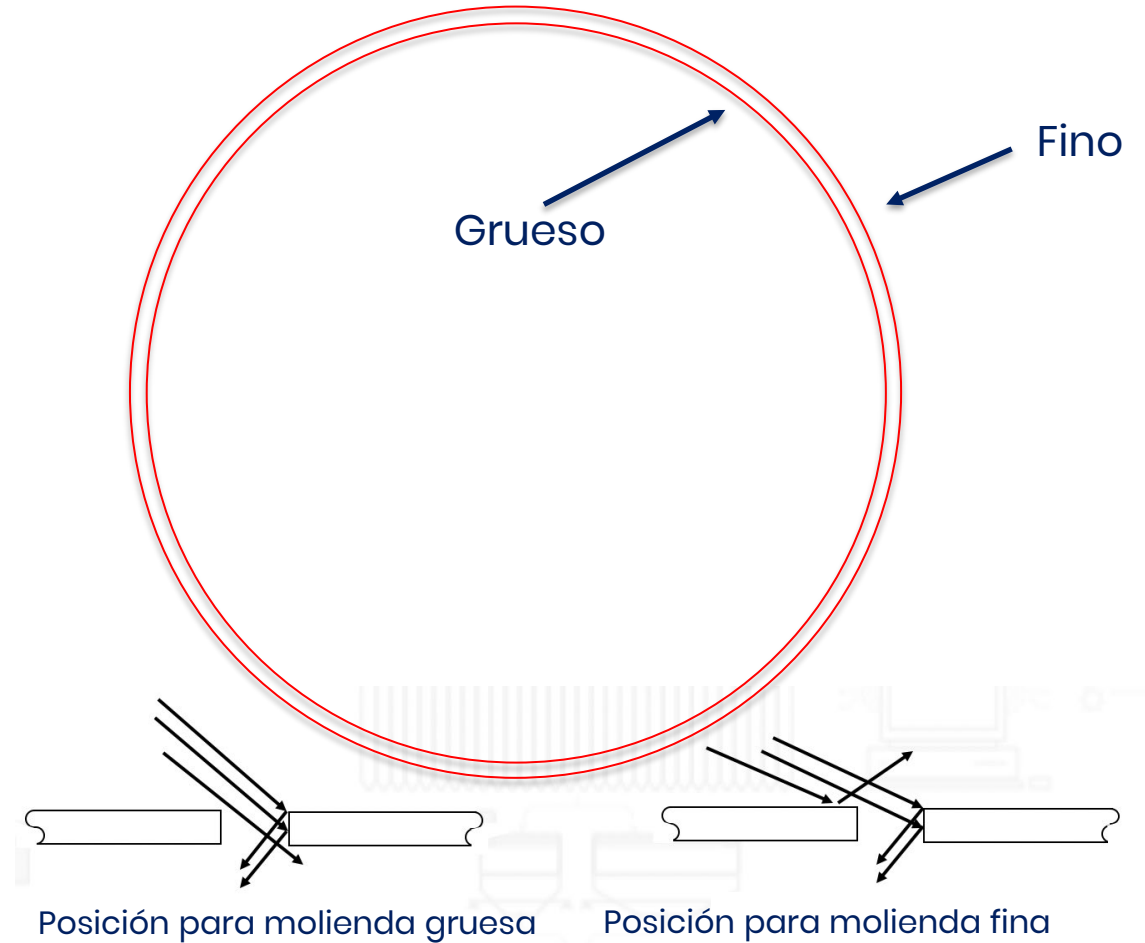
Factores que Influyen en el Tamaño de Partícula

Posición de los martillos



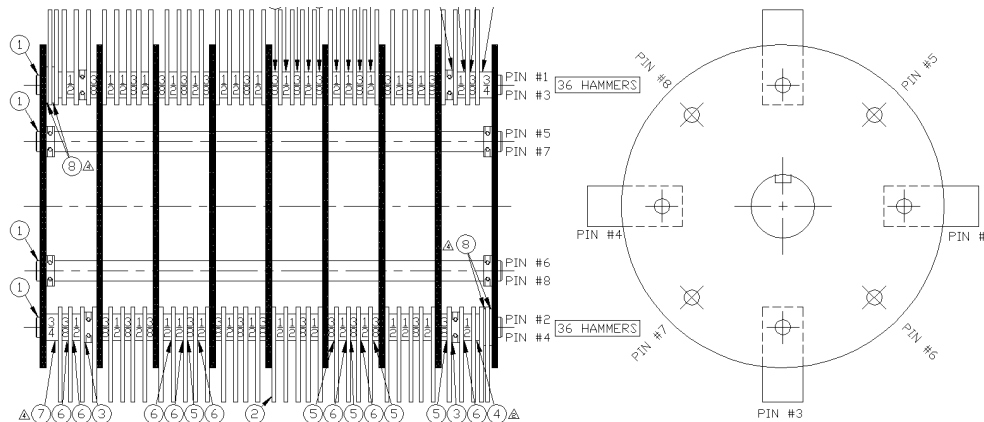
Posición, molienda gruesa
La distancia libre es $7/16''$
(11-12mm)

Posición, molienda fina
La distancia libre es $7/32''$
(4-5mm)



Número de martillos

¿Cuántos martillos tiene en su molino? ¿Está usando la cantidad correcta de martillos? ¿Cuántos HP tiene el motor principal del molino?



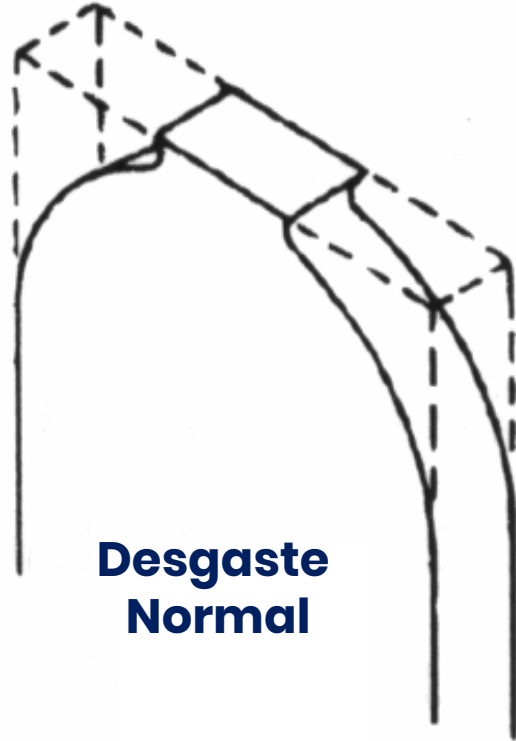
La disposición de martillos puede ser ajustada de acuerdo a las condiciones del proceso, materiales molidos y tamaño/distribución de partículas deseada

Ejemplo: Motor principal = **300 HP**
 $300/2 = 150$ **$300/2.5 = 120$**

Su molino de martillos necesita tener entre 120 y 150 martillos.

Más martillos = mayor superficie para trabajo = molienda fina
Menos martillos = menos superficie para trabajo = molienda gruesa

Consideraciones – Martillos



**Desgaste
Normal**

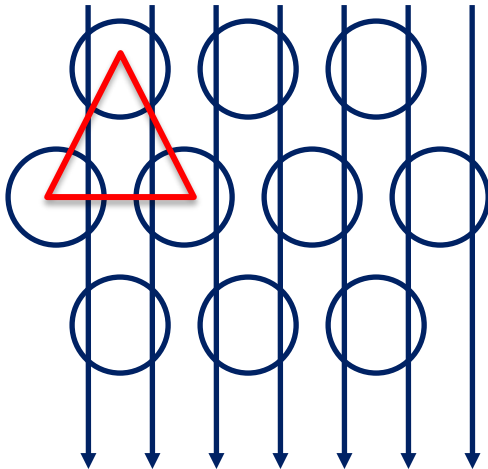


**Desgaste
excesivo**



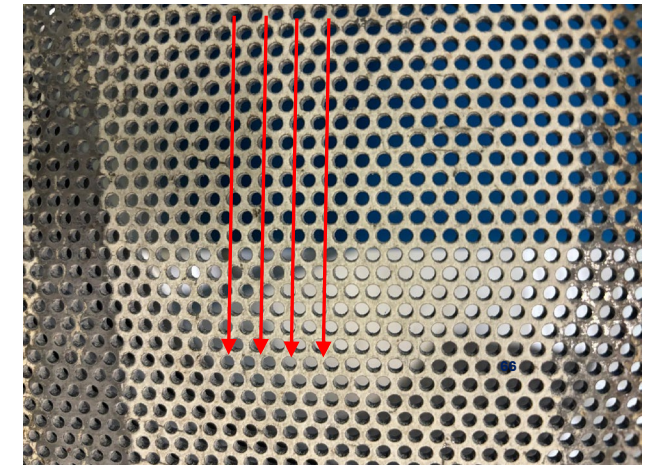
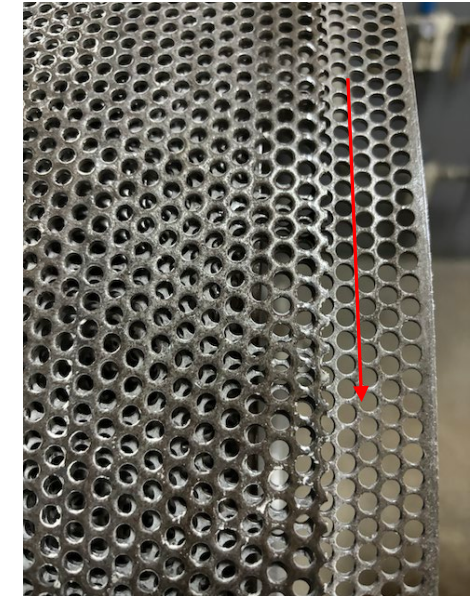
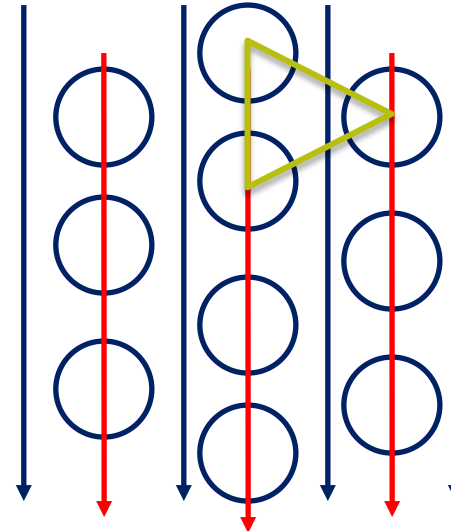
Escalonamiento

Correcto

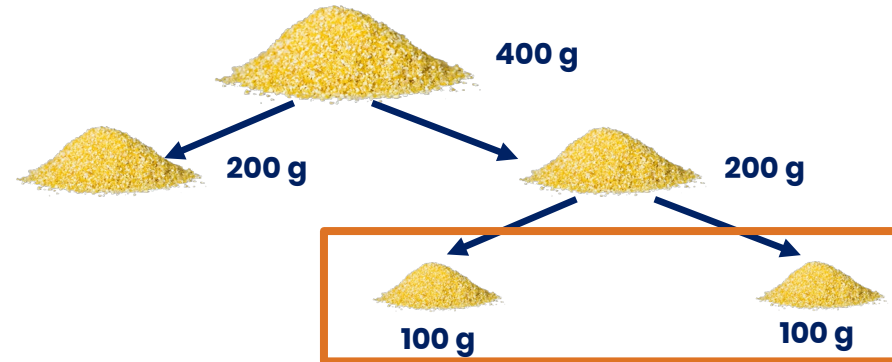
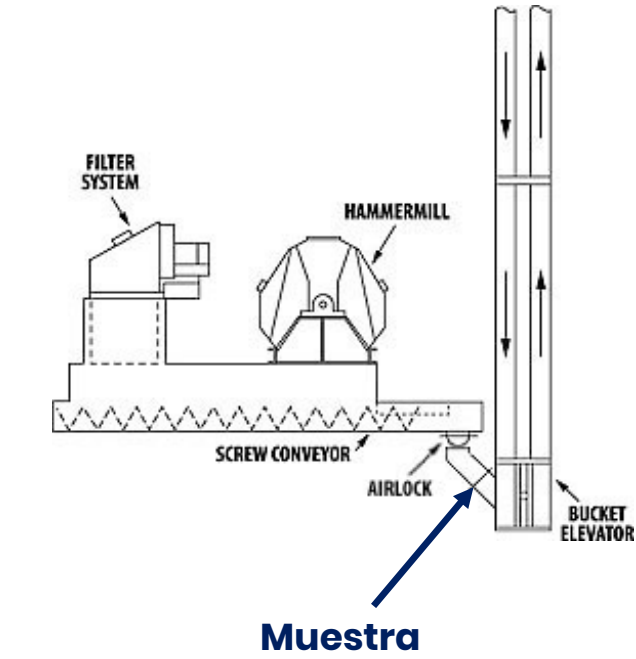


Desplazamiento
de los martillos

Incorrecto

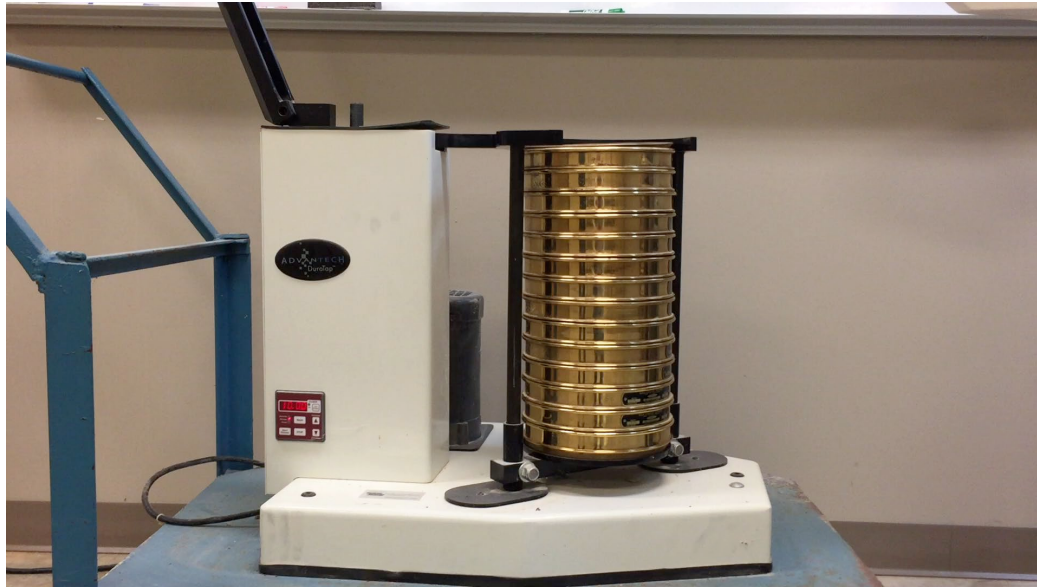
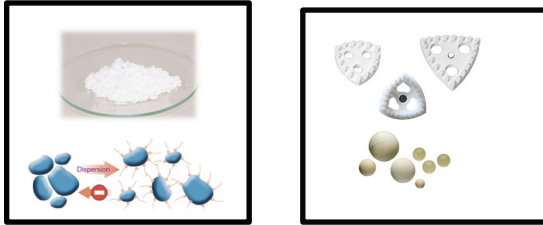


Análisis de Tamaño de Partícula – ASABE S319.4



**Análisis de
tamaño de
partícula**

Análisis de Tamaño de Partícula – ASABE S319.4



10 minutos



Pesar el material de cada tamiz

Análisis de Tamaño de Partícula – ASABE S319.4

Material: Maíz molido

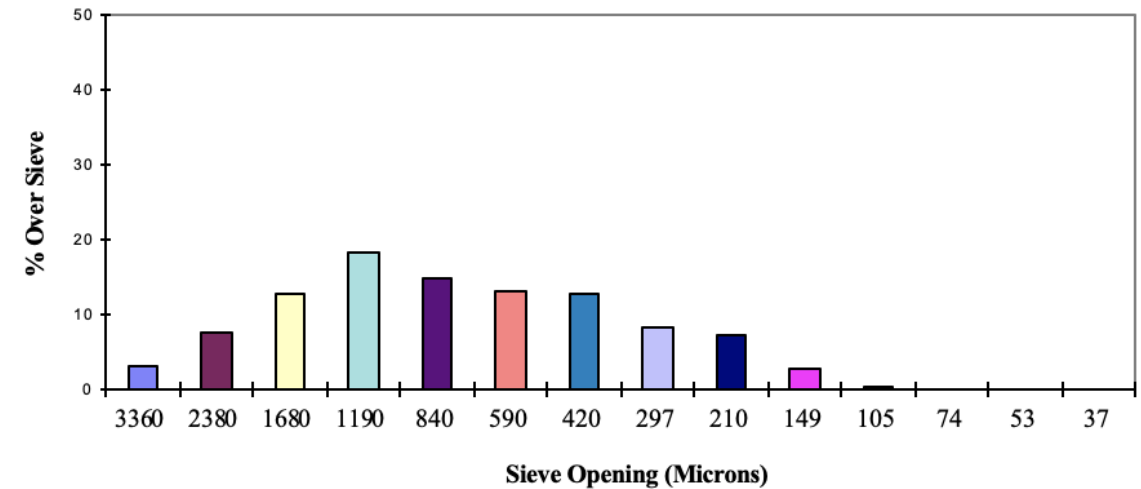
Date:

Initial Wt 113.4 g

U.S Sieve	Micron Size	Wt grams	%	% less than	log dia	wt * log dia	log dia - log Dgw	wt(log dia - log Dgw)^2
4	4760	0	0.00	100.00	3.75	0.00	0.79	0.00
6	3360	3.40	2.98	97.02	3.60	12.25	0.64	1.40
8	2380	8.70	7.62	89.40	3.45	30.03	0.49	2.10
12	1680	14.50	12.71	76.69	3.30	47.86	0.34	1.69
16	1190	20.80	18.23	58.46	3.15	65.53	0.19	0.75
20	840	17.00	14.90	43.56	3.00	51.00	0.04	0.03
30	590	14.90	13.06	30.50	2.85	42.43	-0.11	0.19
40	420	14.30	12.53	17.97	2.70	38.57	-0.26	0.99
50	297	9.20	8.06	9.90	2.55	23.44	-0.41	1.56
70	210	8.30	7.27	2.63	2.40	19.90	-0.56	2.63
100	149	2.90	2.54	0.09	2.25	6.52	-0.71	1.47
140	105	0.10	0.09	0.00	2.10	0.21	-0.86	0.07
200	74	0.00	0.00	0.00	1.95	0.00	-1.01	0.00
270	53	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	-1.16	0.00
Pan	37	0.00	0.00	0.00	1.65	0.00	-1.31	0.00

Summation 114.10 100.00 337.73 12.88

Particle Size, Dgw 912 Surface Area (cm²) / gram 67.2
Standard Dev., Sgw 2.17 Particles / gram 14,765



VS



Comercial



La macro estructura es super importante

Integrado

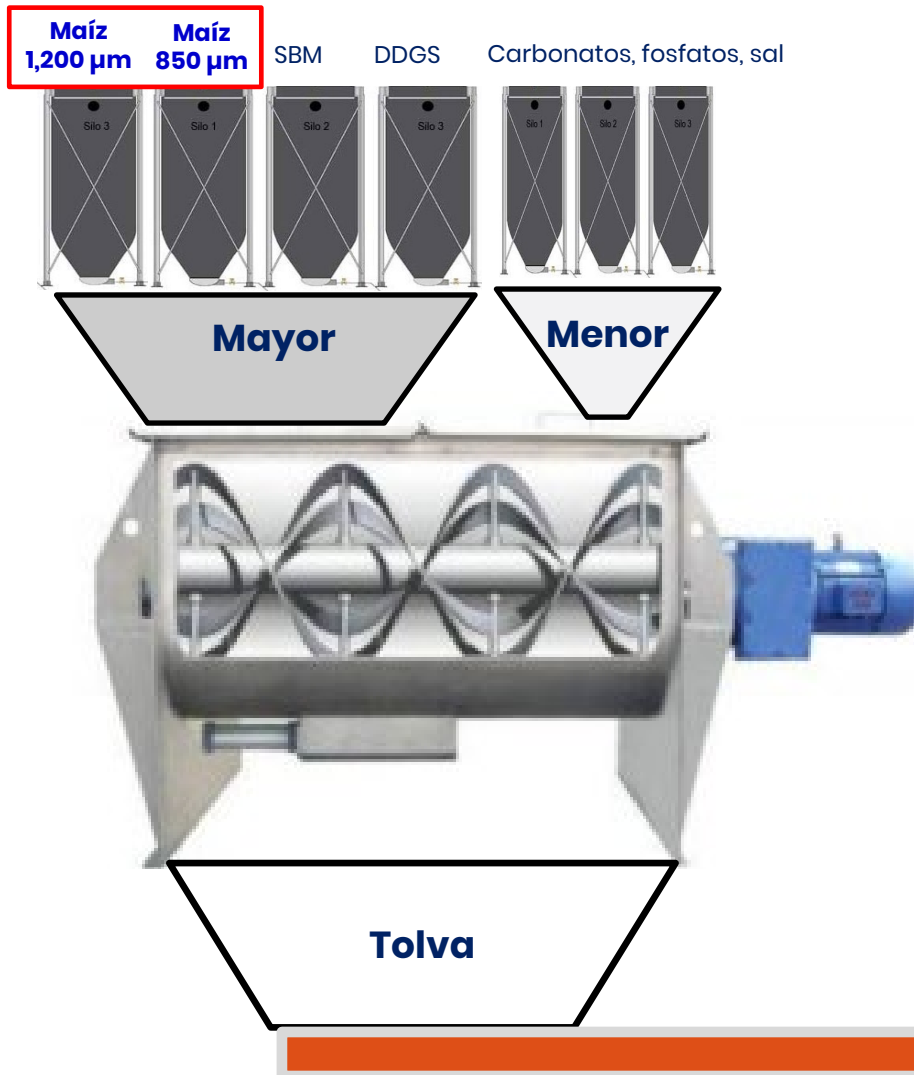


VS.

La macro estructura es importante, pero no sacrifique la micro estructura

Preste atención a otros factores que influyen en la calidad de pellet sin comprometer la micro estructura

Mensajes Finales – Haga Ajustes



1. **Agregar un porcentaje (3 a 10%) de maíz de ~1200 µm a dietas de pollos de engorde**
2. **Incrementar inclusión a medida que el ave crece**
3. **Monitorear peso a los 7 días**

- **El tamaño de partícula del maíz influencia costos y capacidad de molienda y el rendimiento de las aves**
 - Es importante cuantificar el grado de molienda que ocurre durante el proceso de peletizado
 - Incremente la granulometría a medida que las aves crecen y monitoree parámetros de peletizado y el rendimiento animal
- **Tamaño de partícula recomendado en pre-molienda para pollos de engorde**
 - Inicio, 1 a 14 días
 - 900 – 1,000 μm
 - Crecimiento y Finalizado, 15 a 42 días
 - 1,000 a 1,200 μm
- **Sistemas de post-molienda**
 - 950 a 1,050 μm después de la mezcladora
 - 40 a 50% de partículas sobre el tamiz US16 (1.18 mm)

