

Diseño de Plantas de Fábricas de Alimentos para Animales

Carlos A. Campabadal, PhD

Especialista en Almacenamiento de Granos y
Manufactura de Alimentos para Animales
International Grains Program Institute
Department of Grain Science and Industry
Kansas State University



IGP Institute

Pasos en el Diseño de Plantas de Alimentos para Animales

- **Determinar la capacidad semanal de producción del alimento**
- **Determinar el uso semanal de ingredientes (materias primas)**
 - Capacidad de almacenamiento
 - Tiempo de entrega de ingredientes (materias primas) a la planta
- **Determinar las horas operativas para cada área:**
 - Recibo de ingredientes
 - Molienda
 - Pesado y mezclado
 - Peletizado/extrusión
- **Determinar almacenamiento de alimento terminado**

Tipos de Fábricas de Alimentos para Animales

- **Comercial**

- Manufactura de alimento para venta a clientes fuera de la compañía
- Producción para multi-especies
- Producción de alimento a granel y en sacos

- **Integrado**

- Manufactura de alimentos para animales propios de la compañía
- Producción para una sola especie

- **En granja**

- Grandes producciones ganaderas independientes
- Producción para una sola especie

Consideraciones para el Diseño y Ubicación de la Planta

- **Disponibilidad del terreno**
 - Almacenamiento de grano, tamaño de la propiedad, vecinos
- **Uso del terreno**
 - Tipo de suelo, drenaje
- **Infraestructura**
 - Vías férreas o marítimas, caminos, electricidad, combustible de caldera (gas natural, propano, etc.), comunicación (internet, teléfono), agua y alcantarillado (municipal, pozo privado, fosa séptica), gestión de residuos, etc.
- **Disponibilidad de mano de obra**
 - Supervisores, operadores, mantenimiento
- **Diseño preliminar de la estructura**
 - Concreto, metal, combinación





Mountaire Farms
Feedmill Maxton, NC

Pell Dr

Ubicación de la Planta de Alimentos

Ubicación de la Planta



Planta de procesamiento de subproductos animales



Planta de extracción con disolventes



Planta de premezclas



Diseño de las Instalaciones



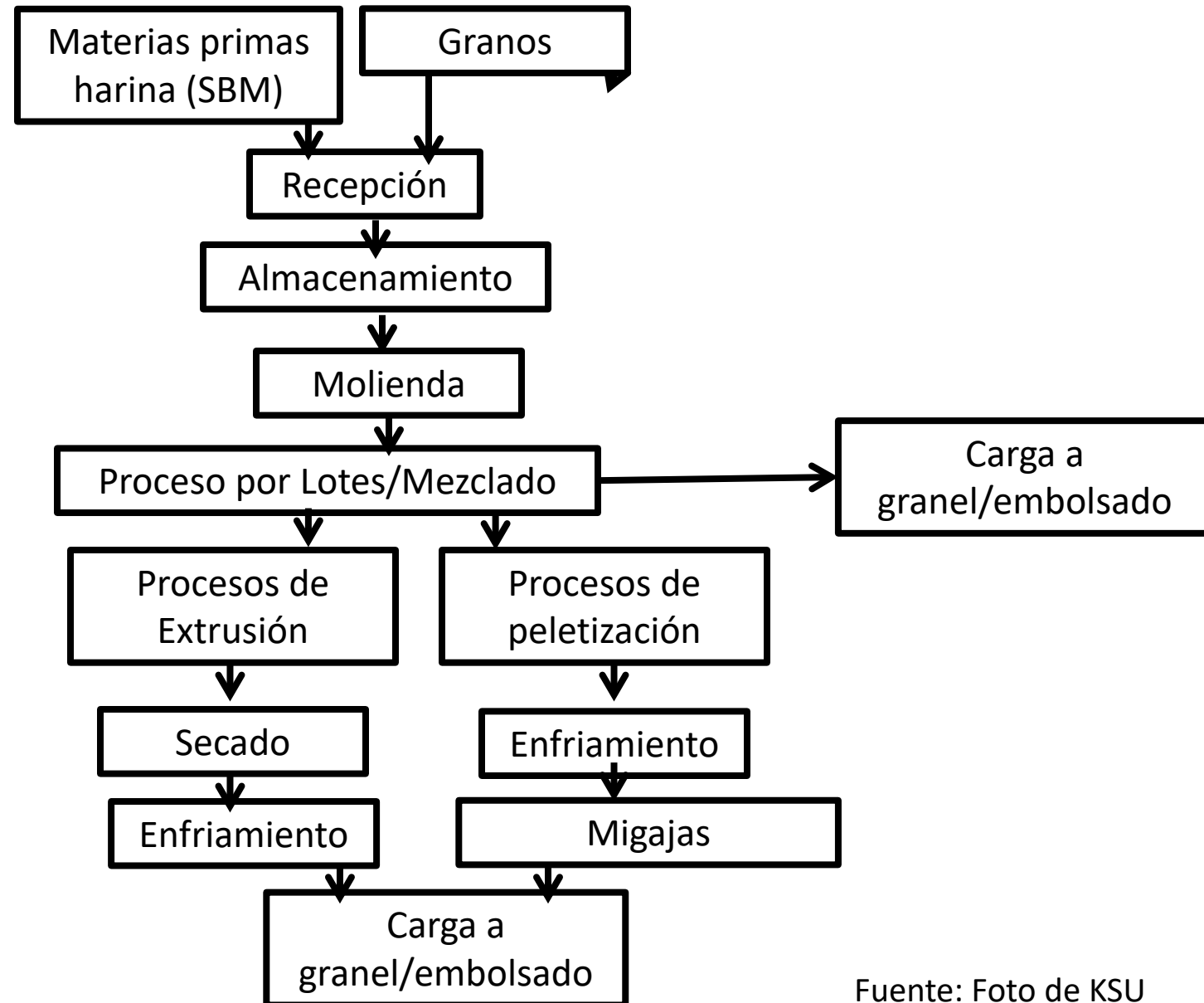
Ejemplo:

- Almacenamiento de materias primas en silos (2,250 T)
- 2 Líneas de peletizado (75 Ton/hr c/u)
- 2 Molinos de martillos (50 T/hr c/u)
- 1 Molino de rodillos (40 T/hr)
- Sistema de pesado y mezclado (10 Ton)
- 4 Silos de almacenamiento de grano (2,500 Ton c/u)
- 32 tolvas para almacenamiento de producto terminado (3,100 Ton)

= 13,600 toneladas por semana

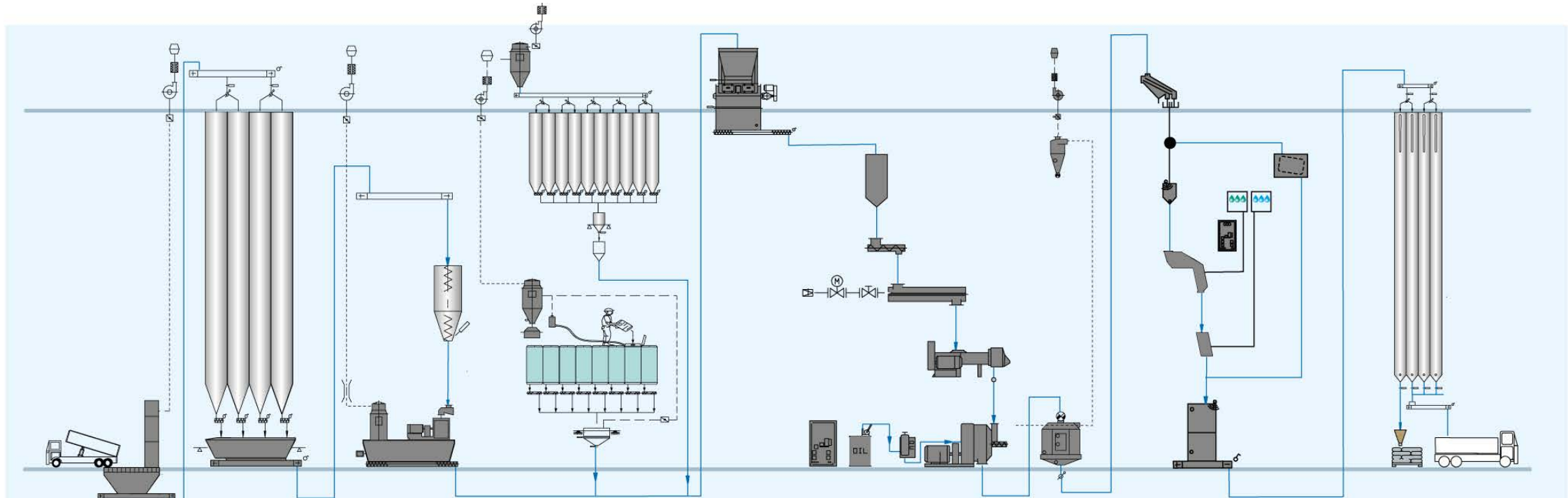
c/u – cada uno

Diagrama de Flujo en la Planta



Fuente: Foto de KSU

Diagrama de Distribución de la Planta



Importancia del tipo de suelo = ciertos equipos están bajo tierra = riesgo de inundación si existe agua subterránea



▲ Bulk intake system ▲ Ingredients silos ▲ Hammer mill ▲ Aspiration filters ▲ Weighing unit ▲ Optimix ▲ Feed expander ▲ Pellet mill ▲ Cooler ▲ Crambler ▲ Micro-fluid addition ▲ Process automation

Factores de Flujo de Materiales

- Organización del proceso
- Flujo de materiales vertical vs. horizontal
- Capacidad de los equipos
 - Debe superar el flujo normal en un 15%
- Ampliación futura
 - Considerar al menos un 35% en función del mercado local

Tipos de Plantas



Modular



Torres de Concreto o Metal

Construcción de la Planta (Silos)

Concreto

• Ventajas

- Mayor volumen
- Altura puede superar 110 pies (34 metros)
- Buena integridad estructural
- Mayor vida útil

• Desventajas

- Más costosa de construir
- Forma estructural limitada
- Difícil de modificar o ampliar



Metal

• Ventajas

- Más barata
- Fácil de modificar o ampliar
- Buena vida útil con buen mantenimiento

• Desventajas

- Volumen de silos limitado
 - La altura de los silos usualmente no excede 60 pies (18 metros)
- Mayores costos de mantenimiento



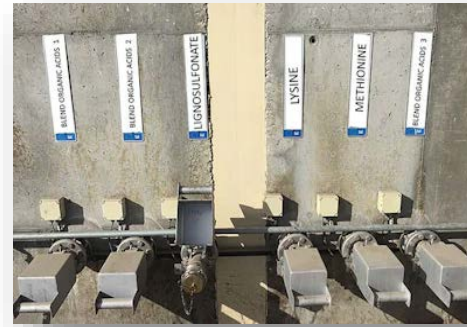
Recibo de Materias Primas

- **Recibo de ingredientes**

- Número de fosas para camiones y vagones
- Ubicación de la balanza
 - Área de recibo de ingredientes
- Recibo neumático para ingredientes densos (sal, fosfatos, carbonato, etc.)

- **Almacenamiento de ingredientes**

- Cantidad de producto requerido, tamaño del camión de entrega, densidad del material
 - Camiones – 25 toneladas
 - Vagones de tren – 100 toneladas

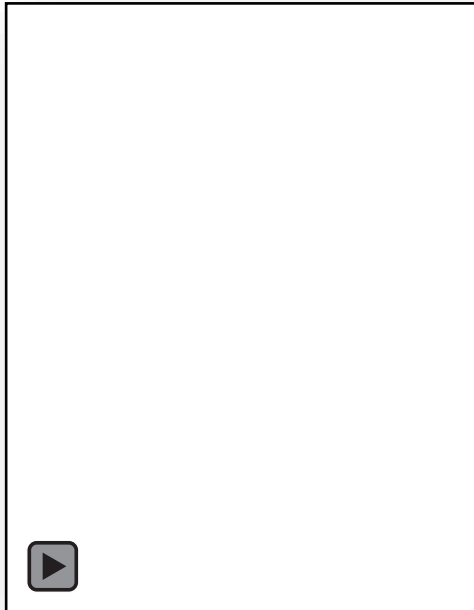


Líneas neumáticas

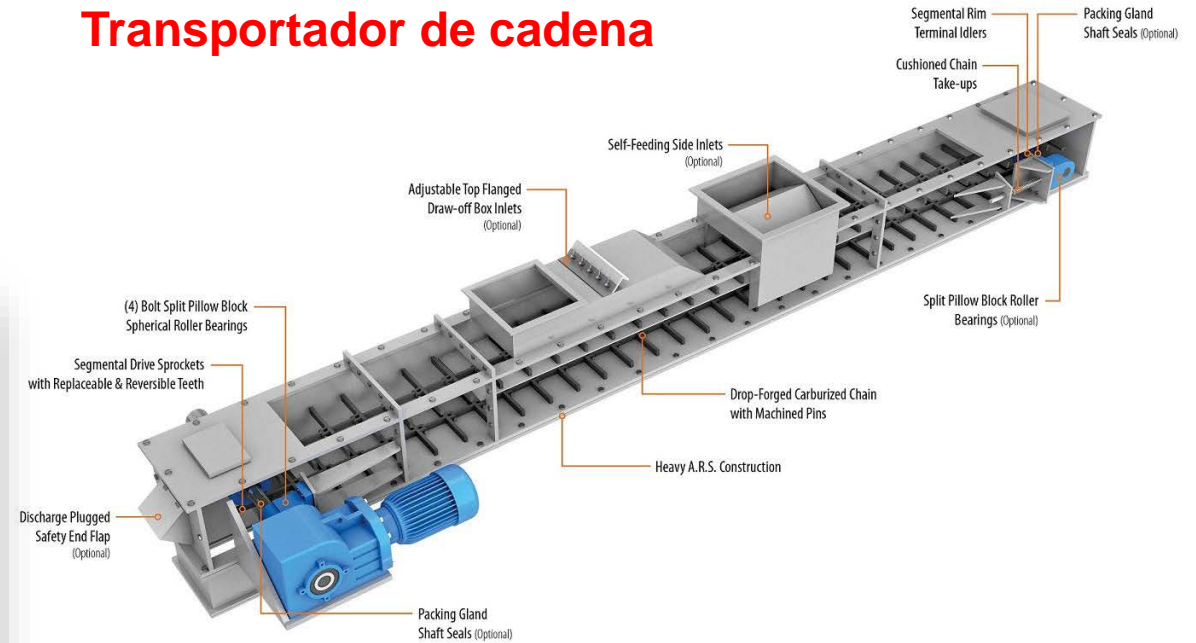


Equipo de Manejo de Materias Primas

Transportador de tornillo



Transportador de cadena



Equipo de Manejo de Materias Primas

Transportador de tornillo

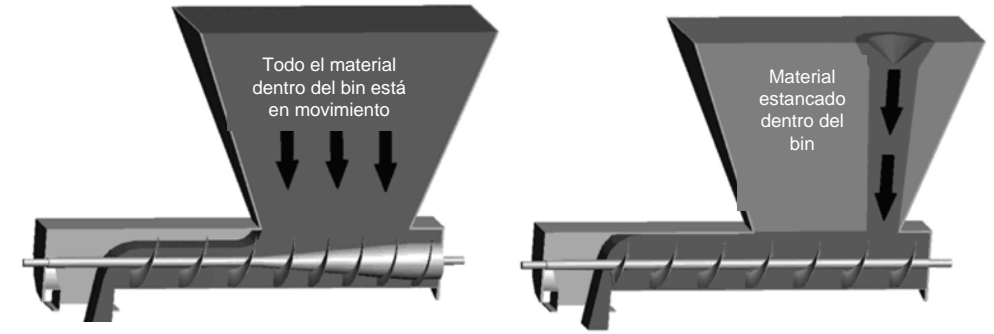
- Consisten en un tornillo giratorio. A medida que el tornillo gira, sus aletas mueven el material a lo largo del transportador de tornillo
- **Ventajas**
 - Disponible en muchas configuraciones y tamaños
 - Económico
 - Tornillos pequeños pueden usarse para pesar cantidades tan pequeños como gramos
 - Incrementa la precisión durante el pesado
 - La velocidad puede ser regulada
- **Desventajas**
 - No es posible realizar cambios de dirección
 - Espacio libre en la parte inferior del tornillo
 - Riesgo de contaminación cruzada

Transportador de cadena

- Utiliza paletas unidas a una cadena para arrastrar material a lo largo de un canal
- **Ventajas**
 - Utilizan hasta el 50% del espacio disponible dentro del transportador en lugar del típico 20 a 40% de los transportadores de tornillo
 - Menores requerimientos energéticos
 - La velocidad puede ser regulada
- **Desventajas**
 - Difícil de transportar materiales pegajosos o adhesivos ya que se pegarán a la cadena y a las paletas

Transportador de tornillo - Configuración y Tamaños

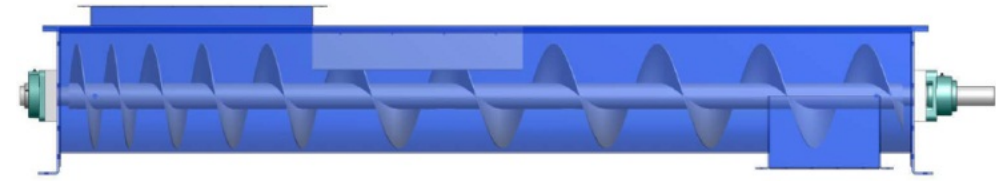
Transportador de tornillo



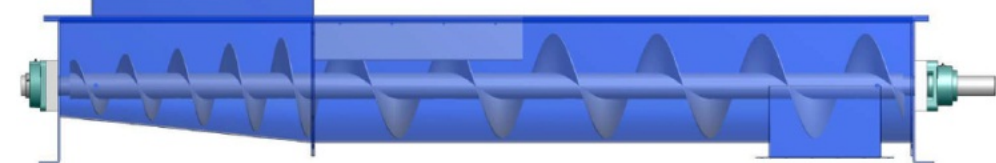
Alimentador de tornillo con geometría variable

Alimentador de tornillo con geometría constante

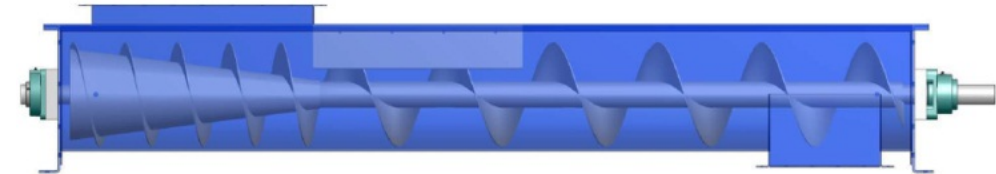
Paso variable



Paso cónico



Núcleo cónico/tornillo cónico



Factores que Afectan la Capacidad de los Elevadores

- **Capacidad del cangilón**

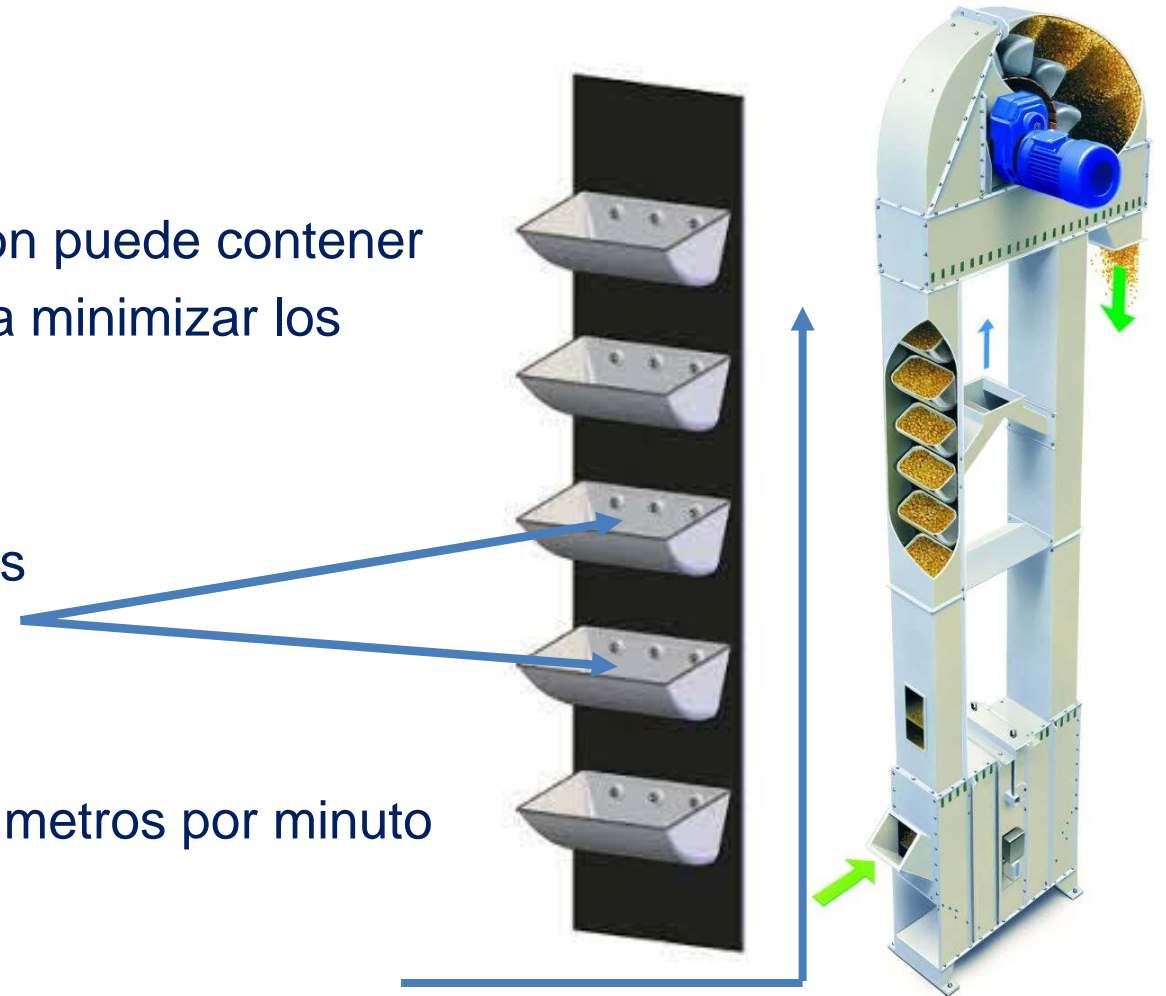
- Volumen total de producto que cada cangilón puede contener
- Generalmente ~65% del volumen total, para minimizar los derrames por sobrellenado

- **Separación entre cangilones**

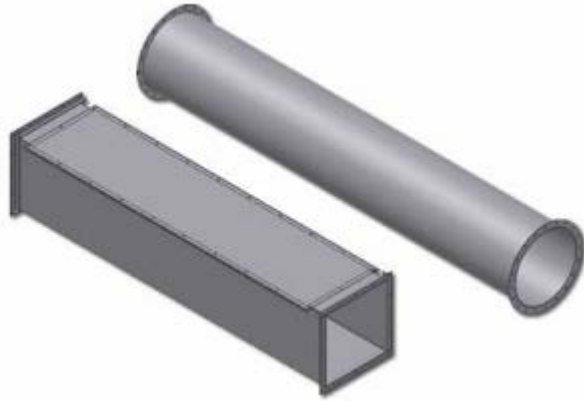
- Distancia entre los centros de los cangilones
- Cangilones por metro lineal

- **Velocidad del cangilón**

- Velocidad a la que viajan los cangilones en metros por minuto



Tubos de Descarga



Recepción de Materias Primas

- **Capacidad de recepción (volumen de la fosa)**
 - **Fuentes de proteína**
 - 15 a 30 minutos/camión (25 Toneladas)
 - **Minerales**
 - 30 a 60 minutos (25 Toneladas)
 - **Granos**
 - 15 a 30 minutos/camión (25 Toneladas)
 - 10 a 15 minutos/vagón (100 Toneladas)
 - **Líquidos**
 - 30 a 60 minutos/camión (25 Toneladas)
- **Horas de operación**
 - 8 a 24 horas/día – 5 a 6 días por semana

Almacenaje de Materias Primas

Ejemplo: Planta produciendo 5,000 toneladas por semana

Materia Prima	Ingredientes	
	Niveles promedio de inclusión	Requerido por semana
	%	Toneladas
Maíz	70	3500
Harina de soya	30	1200
Granos de destilería	12	600
Grasa de subproductos avícolas	5	250
Piedra caliza	1.9	95
Fosfato dicálcico	1.5	75
Sal	0.42	21
DL-metionina	0.35	18
L-lisina	0.29	15
Bicarbonato de sodio	0.18	9
Cloruro de colina	0.20	10
L-treonina	0.15	7.5
Monteban (Narasin)	0.07	3.5
Premezcla de vitaminas y minerales	0.10	5

Ejemplo de Cálculo de la Capacidad de Almacenaje

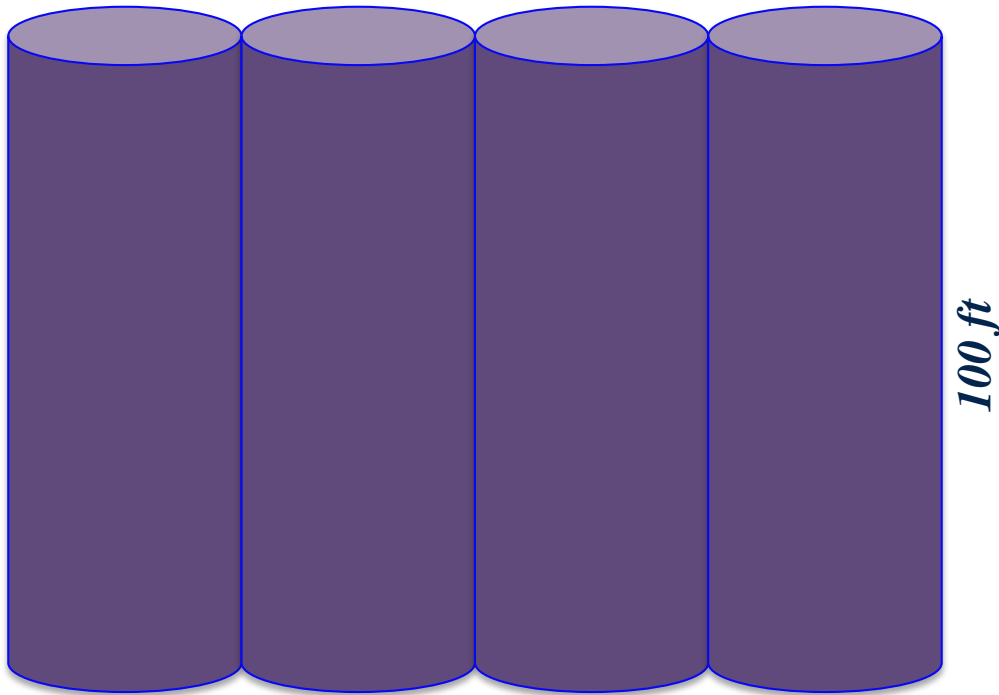
	Materias Primas		Tipo de Almacenaje	Ángulo de la tolva del contenedor (grados)
	Niveles promedio de inclusión	Capacidad de almacenaje		
	%	Ton		
Maíz	70	10,500	4 silos	40
Harina de soya	30	2,400	2 silos	60
Granos de destilería (DDGS)	12	1,200	2 silos	50
Grasa de subproductos avícolas	5	500	2 silos	líquido
Polvo de piedra caliza	1.9	150	1 tolva	bolsas
Fosfato dicálcico	1.5	75	1 tolva	bolsas
Sal	0.42	21	1 tolva	bolsas
DL-metionina	0.35	18	Big bag	-
L-lisina	0.29	15	Big bag	-
Cloruro de colina	0.20	10	Big bag	-
Bicarbonato de sodio	0.18	9	Bolsa	bolsas
L-treonina	0.15	7.5	Bolsa	bolsas
Premezcla de vitaminas y minerales	0.10	5	Bolsa	bolsas

Densidad de las Materias Primas

Materia Prima	Densidad, libras/bushel	Libras/ft ³
Maíz entero	56	45
Maíz molido	50	40
Harina de soya	47	38
Harinillas de trigo	22	18
Harina de subproductos de panadería	43	35
Harina de pescado	50	40
Polvo de piedra caliza	84	68
Fosfato	93	75
Sal	87	70

Capacidad de Almacenaje

Maíz



Maíz = 56 libras/bushel
1 Bushel – 1.24 ft³

Alimento producido = 40,000 toneladas por mes

Maíz requerido = 40,000 T (0.6) – 60% de maíz en las dietas

Maíz requerido = 24,000 T = 48,000,000 libras

= 857,143 bushels

= 1,062,857 ft³ (volumen)

¿Cuántos silos con una altura de 100 pies?

$$\text{Volumen} = \pi r^2 h$$

$$1,062,857 = (3.1416)(100)(r^2)$$

$$1,062,857 = (314.16)(r^2)$$

$$1,062,857/314.16 = (r^2)$$

$$3,383 = r^2$$

El maíz se almacenará en 6 silos

$$3,383/6 = r^2$$

$$564 = r^2$$

$$= \sqrt{564}$$

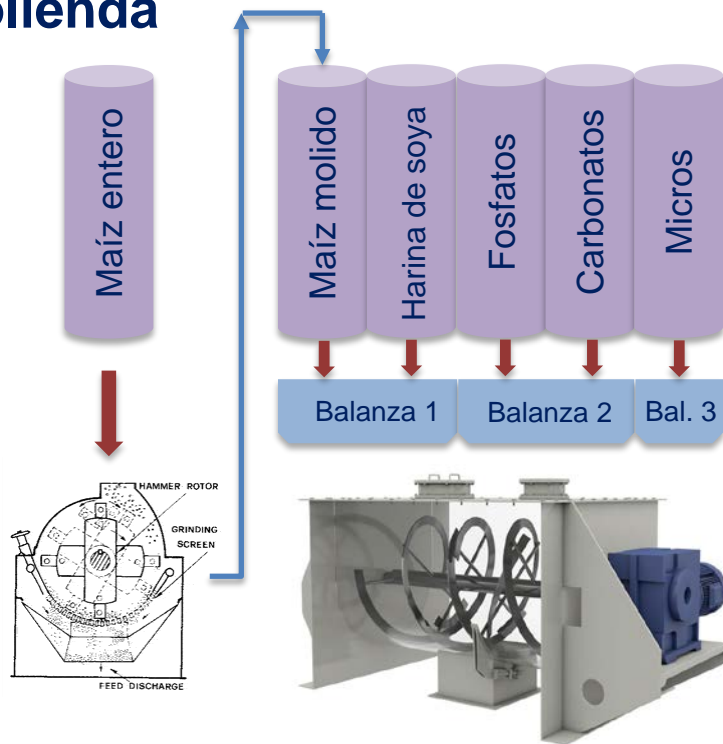
$$R = 23.75$$

Cada silo debe tener un diámetro de 23.75 x 2 = 47.50 ft

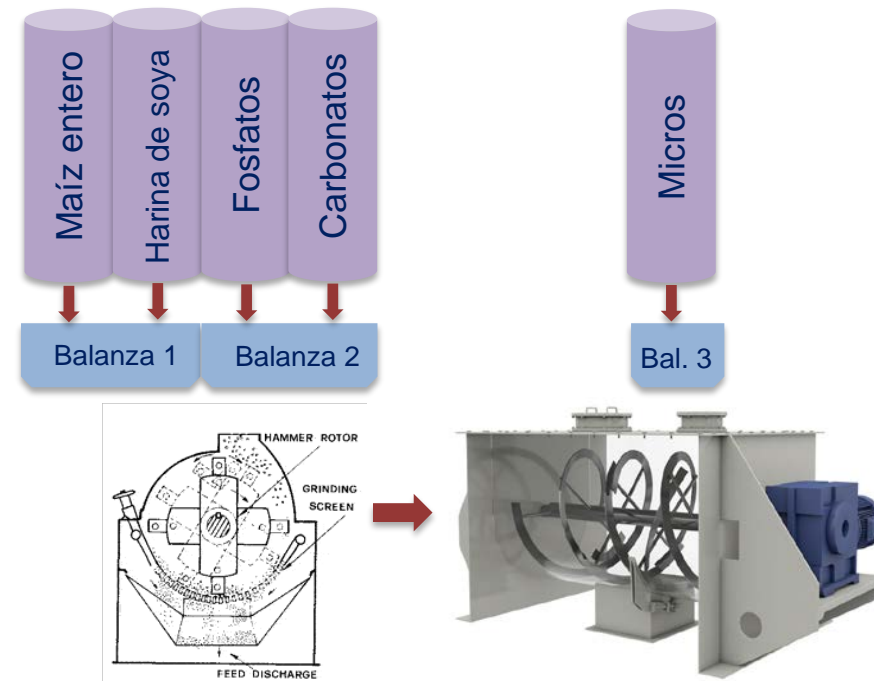
Molienda

- Tamaño de partícula (Pollos de engorde 900 μm , cerdos 400 μm , acuicultura, 200 μm)
- Tipo de equipo de molienda
- Pre-molienda vs. post-molienda

Pre-molienda



Post-molienda



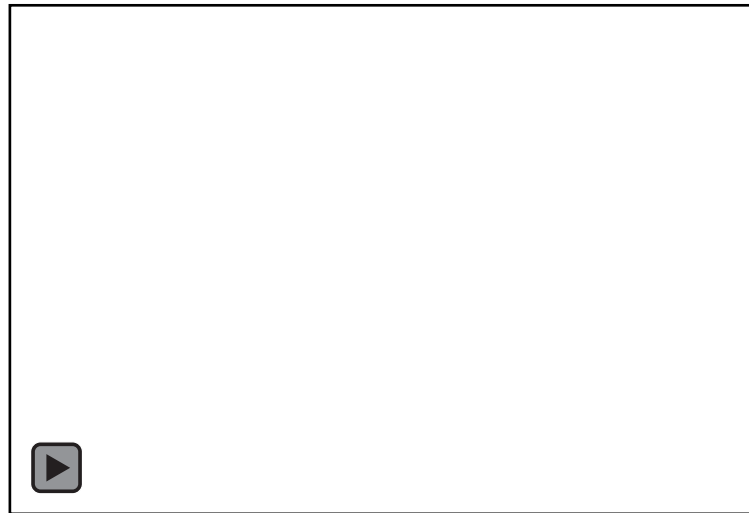
Reducción de Tamaño de Partícula

- **Capacidad**

- 50-85% de capacidad de diseño basada en:
 - Tipos de granos
 - Tamaño de criba

- **Operación**

- 85% de horas de operación



Molino de martillos



Molino de rodillos

Ejemplo de Capacidad de Molienda

- **Capacidad de producción = 40,000 toneladas por mes o 10,000 toneladas por semana**
- **La planta opera 5.5 días a la semana (5.5 días x 24 horas = 132 horas)**
- **Capacidad de molienda = 10,000 x 0.60% inclusión de maíz molido = 6,000 toneladas**
- **Capacidad de molienda = 6,000/132 = 45.5 toneladas/hora**
- **Los molinos operarán 85% del tiempo = 45.5/0.85 = 53.5 toneladas/hora**
- **Expansión futura del 35% = 53.5 x 1.30 = 70 toneladas/hora**
- **¿Cuántos molinos de martillos o rodillos se requieren?**

Pesado y Mezclado

- **Capacidad**

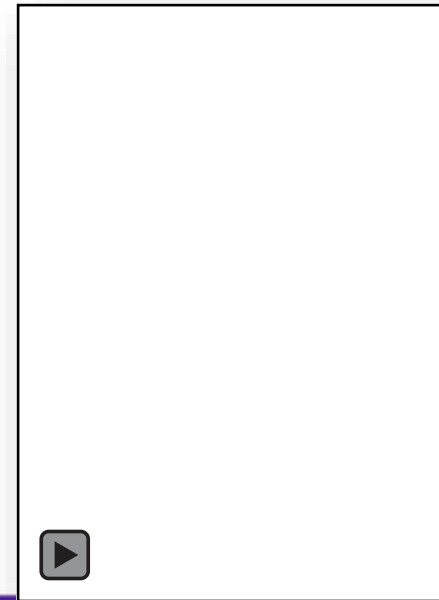
- 90 a 100% de capacidad de diseño
- 3 a 4 minutos por ciclo de pesado/mezclado

- **Operación**

- 80 a 90% de horas operacionales

Capacidad de las Mezcladoras

- Mezcladoras se diseñan basados en volumen, no por peso.
- Plantas usando una variedad de ingredientes deben considerar no solo la densidad de ingredientes, sino también niveles de inclusión (ej. 0 vs. 30% afrecho de trigo) ya que pueden producirse problemas de uniformidad debido al llenado excesivo de la mezcladora.



Pesado y Mezclado

- **Pesado y mezclado**

- Tipo de mezcladora
- Número de balanzas
- Tiempo de pesado y mezclado

Tipo de mezcladora	Ciclo seco, minutos	Ciclo húmedo, minutos	Adición de líquidos, minutos	Llenado, minutos	Descarga, minutos	Tiempo total, minutos
Paletas – eje simple	3	3	0.75	0.5	0.5	
Doble cinta	1-2	2-3	0.75	0.5	0.5	
Contrapeso	0.75	2	0.75	0.5	0.5	4.5
Vertical	5-10	5-10	0.75	0.5	0.5	

Consideraciones de Balanzas

- Mayor – 80 a 90%
- Menor – 10 a 15%
- Micro – < 5%
- Ejemplo – Capacidad de la mezcladora (10 toneladas)
 - $10 \times 0.9 = 9$ toneladas – balanza mayor
 - $10 \times 0.15 = 1.5$ toneladas – balanza menor
 - $10 \times 0.05 = 0.5$ toneladas micro balanza (ocasionalmente plantas pueden tener múltiples micro balanzas)
- Las balanzas deben calibrarse cuando son instaladas y deben certificarse una vez al año
 - Las inspecciones de las balanzas pueden realizarse internamente al menos cada tres meses

Pesado y Mezclado

- **Capacidad de producción** = 40,000 toneladas por mes o 10,000 toneladas por semana
- **La planta opera 5.5 días a la semana (5.5 días x 24 horas = 132 horas)**
- **Capacidad de mezclado** = $10,000/132 = 75.75$ toneladas/hora
- **La mezcladora operará 85% del tiempo** = $75.75/0.85 = 89$ toneladas por hora
- **Expansión futura del 30%** = $89 \times 1.30 = 116$ toneladas por hora
- **Tiempo total de pesado/mezclado** 4 minutos = 15 lotes por hora
- **Tamaño del lote** = $116/15 = 7.73$ lotes
- **Capacidad de la mezcladora** = 8 toneladas por lote

Acondicionamiento y Peletizado

- **Capacidad**
 - **Comercial**
 - **Basado en tipos de alimento y calidad de pellet**
 - 50 a 100% de la capacidad nominal
 - **Integrado**
 - De 80 a 100% de la capacidad nominal dependiendo de la especie (cerdos, avicultura, pavos, etc.)
 - Especificaciones del dado de la peletizadora
 - Adición de grasa en la mezcladora
- **Operación**
 - **80 a 90% dependiendo del número de tipos de alimento**

Acondicionamiento y Peletizado

- **Capacidad de producción** = 40,000 toneladas por mes o 10,000 toneladas por semana
- **La planta opera 5.5 días a la semana (5.5 días x 24 horas = 132 horas)**
- **Capacidad de peletizado** = $10,000/132 = 75.75$ toneladas/hora
- **La peletizadora operará 80% del tiempo** = $75.75/0.80 = 95$ toneladas por hora
- **Expansión futura del 35%** = $95 \times 1.35 = 128$ toneladas por hora
- **¿Cuántas líneas de peletizado se requieren?**

Peletizado y Enfriamiento

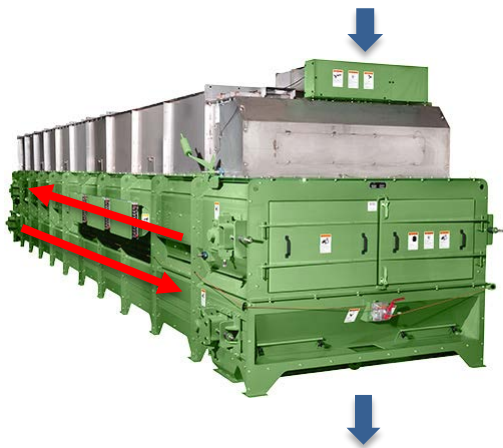
- **Peletizado**

- Objetivos de calidad de pellet, tiempo de acondicionamiento y temperatura, capacidad de la peletizadora
- Número de líneas de peletizado
- Tipo de enfriadores

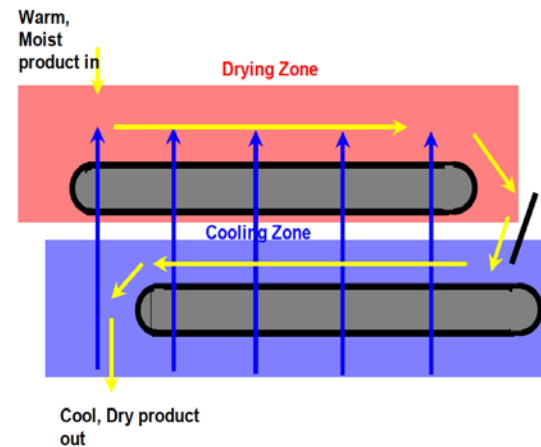
- **Almacenamiento de alimento terminado y entrega**

- Número de productos, a granel o bolsas

Entrada de pellets húmedos y calientes



Salida de pellets fríos y secos

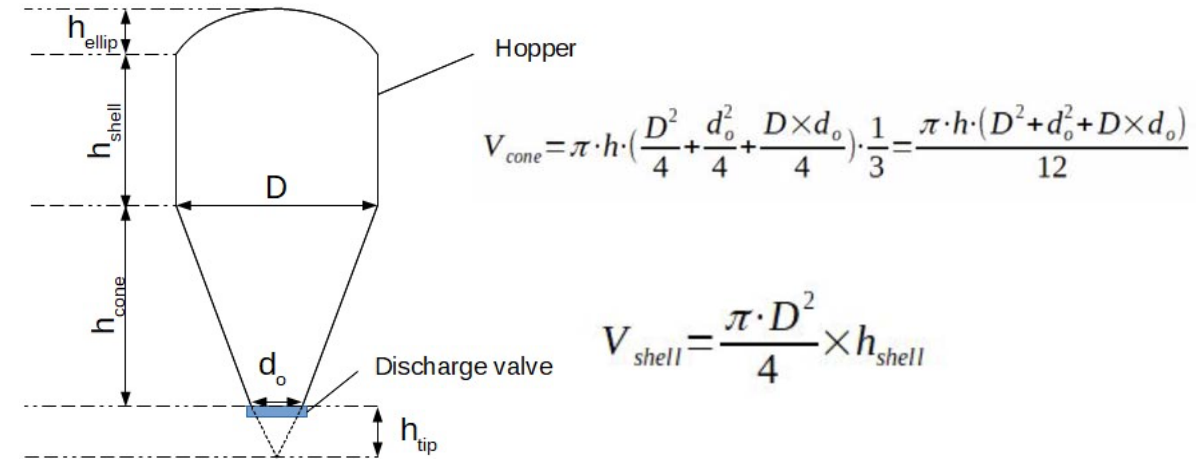


Almacenamiento de Alimento Terminado

- **Comercial**
 - **1 tolva por tipo de alimento**
 - Orden del cliente
- **Integrado**
 - **1 a 4 silos por tipo de alimento**
 - Inicial
 - Crecimiento
 - Finalizador
 - Retiro
 - Reproductoras/gestación/lactancia
 - Tipo de medicación
 - **1 a 2 días de producción**

Almacenamiento de Alimento y Entrega

- **Capacidad de almacenamiento**
 - 1 a 2 días de capacidad de almacenamiento
 - Basado en el ejemplo previo
 - 128 x 24 (asumiendo un día de capacidad de almacenamiento)
 - ~3,072 T de capacidad de almacenamiento
 - Plantas operan eficientemente alrededor de 60% de capacidad de almacenamiento
 - 3,072 x 0.8 = 2,458 toneladas
 - **Alimento en exceso = más cambios**
 - **Alimento insuficiente = produciendo alimento por pedido de clientes o granjas**
 - Ineficiente



Ejercicio de Cálculo de Planta

- Construir una fábrica para producir alimento para 1.6 millones de pollos de engorde semanalmente
 - Aproximadamente 10,000 toneladas/semana
 - ¿Cuántos días operativos por semana?
 - 5.5 días por semana
 - ¿Cuántas horas operativas por día?
 - 24 horas por día
 - ¿Cuántas toneladas por hora se requieren?
 $10,000 \text{ (T/semana)} / 5.5 \text{ (días/semana)} / 24 \text{ (horas/día)} = ?$

Ejercicio de Cálculo de Planta

- Construir una fábrica de concentrados para producir alimento para 1.6 millones de pollos de engorde semanalmente
 - Aproximadamente 10,000 toneladas/semana
 - ¿Cuántos días operativos por semana?
 - 5.5 días por semana
 - ¿Cuántas horas operativas por día?
 - 24 horas por día
 - ¿Cuántas toneladas por hora se requieren?
 $10,000 \text{ (T/semana)} / 5.5 \text{ (días/semana)} / 24 \text{ (horas/día)} = \underline{\underline{75.75 \text{ toneladas/hora}}}$

¿ES ESTO CORRECTO Y NUESTRA DESICIÓN FINAL?

Ejercicio de Cálculo de Planta

- $10,000 \text{ (toneladas/semana)} / 5.5 \text{ (días/semana)} / 24 \text{ (horas/día)} = 75.75 \text{ toneladas/hora}$
- $75.75 \text{ T/hora} / 80\% \text{ factor de eficiencia} = 94.7 \text{ toneladas/hora}$
- Despacho de alimento terminado por diseño será de 95 toneladas/hora
- Considerar 35% de expansión
- $95 \text{ toneladas por hora} \times 1.35 = 128 \text{ toneladas/hora}$
- **Tasa de producción objetivo: 130 toneladas por hora**

Conclusiones

- El tamaño del equipo debe ser óptimo para prevenir cuellos de botella durante el proceso y acomodar una expansión futura.
- La distribución debe hacer uso de gravedad o flujo vertical en lo posible.
- El diseño y distribución de la planta es una decisión a largo plazo que no cambia una vez se construye la estructura y el equipo es instalado.
- Las estructuras de plantas deben seleccionarse en base a el tipo de planta, productos, capacidad y futura expansión.

MUCHAS GRACIAS!

Carlos Campabadal, PhD
Correo: campa@ksu.edu
Teléfono:
+1.217.721.1025



IGP Institute

KANSAS STATE
UNIVERSITY

IGP Institute
Department of Grain Science and Industry