

Alimentar y nutrir es la clave del éxito para producir

Desarrollado con rigor académico y enfoque de planta real, la obra integra nutrición animal, ingeniería de proceso, inocuidad alimentaria y seguridad industrial en un solo sistema de trabajo.

Referencia el marco normativo mexicano vigente —NOM-012-SAG/ZOO-2020, NOM-060-SAG/ZOO-2020 y NOM-188-SSA1-2002— y desarrolla en profundidad el uso de enzimas, fitasa y aditivos funcionales con criterios de validación en campo.

Su estructura progresiva, sus formatos operativos y sus tablas de requerimientos nutricionales por especie lo convierten en herramienta de capacitación institucional, consulta diaria y evidencia documental ante auditorías.

Recomendado para programas universitarios de zootecnia, medicina veterinaria e ingeniería agroindustrial, y para equipos técnicos de empresas productoras de alimento animal en toda Latinoamérica.

ISBN 9798173308122



9 798173 308122

90000

MANUAL PARA PLANTAS DE ALIMENTOS BALANCEADOS

*Alimentar y nutrir es la clave
del éxito para producir.*

Universidad Autónoma de Chihuahua · Facultad de Zootecnia y Ecología · 2026

D. Ph. Daniel Díaz Plascencia

MANUAL PARA
**PLANTAS DE ALIMENTOS
BALANCEADOS**

Alimentar y nutrir es la clave del éxito para producir

D. Ph. Daniel Díaz Plascencia
Universidad Autónoma de Chihuahua
Facultad de Zootecnia y Ecología • 2026

IDENTIFICACIÓN EDITORIAL

Título	Manual para plantas de alimentos balanceados
Autor	D. Ph. Daniel Díaz Plascencia
ASIN	BoHJP6F419
Editorial	Independently published
Fecha de publicación	11 de septiembre de 2026
Idioma	Español
ISBN-13	979-8-1733-0812-2
ISBN-13 compacto	9798173308122
Formato	Libro impreso
Institución	Universidad Autónoma de Chihuahua
Unidad académica	Facultad de Zootecnia y Ecología

ISBN-13
979-8-1733-0812-2
ASIN BoHJP6F419

Universidad Autónoma de Chihuahua

Facultad de Zootecnia y Ecología

MANUAL PARA PLANTAS DE ALIMENTOS BALANCEADOS

Alimentar y nutrir es la clave del éxito para producir

D. Ph. Daniel Díaz Plascencia

Especialista en Nutrición Animal

Universidad Autónoma de Chihuahua

Obra de referencia técnica, capacitación y operación de planta

México y Latinoamérica

Revisado por pares académicos en nutrición animal

2026

CONTENIDO

Lista de figuras.....	5
Prólogo.....	6
Resumen de la obra.....	11
Introducción.....	13
Objetivos y alcances	17
PARTE I. FUNDAMENTOS Y MATERIAS PRIMAS.....	19
Capítulo 1. Nutrición y la planta de alimentos balanceados	20
Capítulo 2. Materias primas, recepción y silos	25
PARTE II. PROCESO DE FABRICACIÓN.....	31
Capítulo 3. Flujo de planta y control de polvo	32
Capítulo 4. Molienda y granulometría	39
Capítulo 5. Dosificación y mezclado	44
Capítulo 6. Acondicionamiento y peletizado.....	50
Capítulo 7. Maíz rolado (steam-flaking)	56
Capítulo 8. Enfriado, cribado y adición post-pellet	61
PARTE III. CALIDAD, ADITIVOS E INOCUIDAD.....	67
Capítulo 9. Calidad e inocuidad	68
Capítulo 10. Fitobióticos, probióticos y prebióticos	74
Capítulo 11. Enzimas y fitasa.....	78
PARTE IV. ALMACENAMIENTO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.....	83
Capítulo 12. Almacenamiento y despacho	84
Capítulo 13. Mantenimiento	92
Capítulo 14. Seguridad	99
PARTE V. GESTIÓN.....	105
Capítulo 15. Indicadores de gestión	106
PARTE VI. AMPLIACIÓN OPERATIVA.....	111
Capítulo 16. Agua, vapor y utilidades.....	112
Capítulo 17. Laboratorio de planta y control de calidad en piso.....	119

Capítulo 18. Control de plagas y limpieza sanitaria integral.....	127
Capítulo 19. Formulación aplicada a la operación de planta.....	133
Conclusión de la obra	139
Cierre del manual y reflexión general.....	143
Glosario de términos	145
Bibliografía y fuentes consultadas.....	151
Apéndices (protocolos, checklists y formatos llenables)	157
Anexo. Tablas de requerimientos nutricionales (al final de la obra).....	184

LISTA DE FIGURAS

Ilustraciones de capacitación en planta. Se ubican al inicio del capítulo correspondiente.

1. Flujo general de una planta de alimentos balanceados	20
2. Muestreo representativo de camión de grano.....	25
3. Control de polvo y pentágono de explosión	32
4. Molienda y granulometría.....	38
5. Uniformidad de mezcla (coeficiente de variación).....	44
6. Acondicionamiento con vapor y peletizado	50
7. Acondicionamiento con vapor, matriz y peletizado	51
8. Maíz rolado (steam-flaking) y densidad de hojuela.....	56
9. Enfriador de pellet de flujo contrario	61
10. Micotoxinas: contaminación heterogénea y muestra compuesta.....	68
11. Fitobióticos, probióticos y prebióticos.....	73
12. Fitasa: fósforo, calor de peletizado y relación Ca:P	78
13. Silo: control de temperatura, humedad y residual.....	84
14. Mantenimiento de peletizadora	92
15. Seguridad en planta: LOTO, espacios confinados, polvo y vapor.....	99
16. Seguridad en planta LOTO, espacios confinados y polvo combustible	100
17. Tablero diario de indicadores de planta.....	106
18. Sistema de vapor: caldera, purgadores y puntos de uso.....	112
19. Laboratorio de planta: muestreo, humedad y decisión de lote.....	119
20. Mapa de estaciones, puntos ciegos y residual.....	126
21. Dosificación y flujo hacia mezclado (básculas, micros y mezcladora).....	132

PRÓLOGO

Alimentar no es solo fabricar raciones. En una planta de alimentos balanceados, cada decisión desde la recepción de un grano hasta el despacho del pellet condiciona la nutrición del animal, la eficiencia del proceso, la inocuidad del producto y la rentabilidad de la operación. Este manual nace de esa convicción sencilla y exigente: alimentar y nutrir es la clave del éxito para producir.

Durante mucho tiempo se pensó que la calidad del alimento se resolvía casi por completo en la fórmula. Bastaba, se decía, con equilibrar energía, proteína, aminoácidos, minerales y vitaminas para obtener un buen resultado en granja. La experiencia de planta demuestra otra cosa. Una dieta bien diseñada pierde valor si el mezclado es irregular; un peletizado deficiente eleva los finos y el desperdicio; un vapor mal controlado puede destruir enzimas costosas; un silo húmedo o mal limpio introduce riesgos de hongos y micotoxinas; y un despacho sin verificación puede enviar el producto equivocado al cliente equivocado. En otras palabras, la nutrición no termina en el papel del formulador: se completa o se deteriora en cada etapa de la manufactura.

Las plantas de alimentos balanceados ocupan un lugar estratégico en la cadena pecuaria. En ellas se concentra una parte mayoritaria del costo de producir carne, huevo o leche, y también una parte decisiva del desempeño animal: crecimiento, conversión alimenticia, uniformidad, salud intestinal y calidad del producto final. Cuando la planta opera con control, el alimento se convierte en una herramienta de precisión. Cuando opera con variabilidad, se convierte en una fuente silenciosa de pérdidas. Por eso este texto no se limita a describir equipos o recetas de proceso: busca formar una cultura de producción en la que nutrición, inocuidad, eficiencia y seguridad se entiendan como un solo sistema.

El sector pecuario en México y en Latinoamérica exige hoy más que capacidad instalada. Exige consistencia entre lotes, cumplimiento normativo, uso inteligente de aditivos, control de micotoxinas, trazabilidad y una operación capaz de sostener resultados con recursos cada vez más disputados. La variabilidad de las materias

primas, la presión de costos, las exigencias sanitarias y la complejidad tecnológica del peletizado, del maíz rolado y de las enzimas convierten a la planta en un espacio donde la improvisación sale cara. Este manual responde a esa realidad con un enfoque práctico, claro y sustentado en evidencia técnica y normativa.

A lo largo de sus capítulos se abordan, de manera progresiva, los eslabones críticos de la operación: la recepción y el cuidado de las materias primas; el control de humedad, temperatura y micotoxinas en silos; la molienda y el mezclado; el acondicionamiento, el peletizado y la calidad del vapor; el maíz rolado y la disponibilidad del almidón; el enfriado y la adición post-pellet; el marco de inocuidad y las normas mexicanas aplicables; el uso de fitobióticos, probióticos y enzimas; el mantenimiento, la seguridad y la gestión por indicadores. Cada tema se presenta con un propósito claro: que el personal de planta entienda no solo qué hacer, sino por qué hacerlo y cómo verificarlo.

La obra se cierra con un anexo de tablas de requerimientos nutricionales para distintas especies y etapas productivas ganado lechero y de carne, cerdos, aves de engorda y de postura, ovinos, caprinos, equinos, venado cola blanca, borrego cimarrón, pato, avestruz, peces, camarón, conejos y gallos de pelea pensadas para que formulación y planta hablen el mismo idioma cuando se define energía, proteína, minerales, vitaminas y aminoácidos.

El texto presta especial atención al contexto mexicano. Incorpora referencias a instrumentos como la Ley Federal de Sanidad Animal, la NOM-012-SAG/ZOO-2020, la NOM-060-SAG/ZOO-2020 y la NOM-188-SSA1-2002, así como a principios de Buenas Prácticas de Manufactura orientados por SENASICA. No sustituye la consulta de las normas oficiales ni los manuales de fabricante, pero sí traduce sus implicaciones a decisiones cotidianas de recepción, proceso, limpieza, despacho y registro.

También reconoce que la tecnología y los aditivos solo crean valor cuando se integran con método. Una fitasa bien formulada no rinde si el peletizado destruye su actividad; un probiótico costoso no sirve si llega inactivo al comedero; un análisis de micotoxinas no protege si la muestra se tomó mal; un buen indicador no mejora nada si nadie lo revisa ni cierra acciones. Por ello, junto con la explicación de cada tema, este

manual incorpora tablas de decisión, protocolos, checklists y formatos llenables pensados para capacitación y uso diario en planta.

Este trabajo está dirigido a operadores, supervisores, personal de calidad, mantenimiento y mandos medios de plantas de alimentos balanceados. Su lenguaje busca ser claro sin ser superficial, y técnico sin ser innecesariamente oscuro. La intención no es impresionar con complejidad, sino facilitar el trabajo bien hecho: recibir con criterio, procesar con control, proteger lo valioso de la fórmula, limpiar con rigor, mantener los equipos, despachar con verificación y medir lo que realmente importa.

Al final, el alimento que llega al comedero es el verdadero veredicto de la planta. Si ese alimento es consistente, seguro y nutricionalmente fiel a su diseño, la granja tiene una base sólida para producir. Si no lo es, ninguna corrección posterior resulta barata. Producir con excelencia, entonces, no es un acto aislado de fabricación: es una responsabilidad técnica continua.

Alimentar y nutrir, con método, evidencia y disciplina operativa, sigue siendo la clave del éxito para producir.

D. Ph. Daniel Díaz Plascencia

RESUMEN DE LA OBRA

Manual para plantas de alimentos balanceados

Alimentar y nutrir es la clave del éxito para producir

Este manual es una obra de referencia práctica y técnica dirigida al personal operativo, de supervisión, de calidad, de mantenimiento y de gerencia de plantas de alimentos balanceados en México y Latinoamérica. Su propósito no se limita a describir cómo fabricar alimento: busca formar una cultura de producción en la que la nutrición animal, la inocuidad, la eficiencia de los procesos y la rentabilidad se entiendan como un solo sistema. La premisa central es sencilla y exigente: una fórmula bien diseñada pierde valor si la planta la ejecuta mal; por el contrario, cuando la manufactura se controla con método, el alimento se convierte en una herramienta real de desempeño en granja.

La obra se organiza de manera progresiva a lo largo del flujo de la planta. Comienza con el vínculo entre nutrición y manufactura, para dejar claro que cada etapa del proceso desde la recepción del grano hasta el despacho del producto terminado puede conservar o degradar el valor nutricional diseñado. A continuación, se abordan la recepción y el cuidado de las materias primas, el muestreo representativo, el control de humedad y temperatura en silos, y el riesgo de micotoxinas, con énfasis en que una mala muestra o un silo mal monitoreado comprometen decisiones posteriores y la seguridad del alimento.

En las etapas de transformación se desarrollan la molienda y el tamaño de partícula, la dosificación y el mezclado con criterios de uniformidad, el acondicionamiento con vapor, el peletizado y los factores que determinan la calidad física del pellet, así como el dilema entre temperatura de proceso y estabilidad de enzimas y aditivos sensibles. Se dedica un espacio específico al maíz rolado (steam-flaking), con control de temperatura, humedad y densidad de hojuela, y al enfriado, cribado y adición post-pellet, etapas que cierran la calidad física e inocua del producto antes del almacenamiento.

La dimensión de inocuidad y cumplimiento se trata con referencia al marco mexicano aplicable entre otros, NOM-012-SAG/ZOO-2020, NOM-060-SAG/ZOO-2020 y NOM-188-SSA1-2002 y a las Buenas Prácticas de Manufactura. Se enfatizan la trazabilidad, el manejo de alimentos medicados, la prevención de contaminación

cruzada y la limpieza y liberación de silos. En paralelo, se presentan los aditivos de uso creciente en la industria: fitobióticos y aceites esenciales, probióticos y prebióticos, y de manera destacada las enzimas, con especial atención a la fitasa, sus matrices nutricionales, el efecto del calor de peletizado sobre su actividad, el ajuste de calcio y fósforo, y la necesidad de validar en campo que el ahorro formulado se traduzca en desempeño animal.

La obra no se detiene en el proceso productivo. Incluye el mantenimiento preventivo y predictivo de equipos críticos en particular la peletizadora, el análisis de riesgos (incluido el enfoque HAZOP y el control de polvo combustible), la seguridad operativa con bloqueo y etiquetado de energías (LOTO) y espacios confinados, y la gestión por indicadores clave: finos, temperatura de acondicionamiento, humedad a la salida del enfriador, paros no planeados, errores de despacho y reportes de casi accidentes. El mensaje es consistente: lo que no se mide y no se corrige tiende a degradarse.

Para que el contenido sea útil en capacitación y en el día a día, el manual se complementa con un paquete ilustrado de dieciséis temas visuales de proceso y con catorce formatos llenables (recepción, muestreo, silos, peletizado, vapor, medicados, despacho, fitasa, no conformidades, seguridad e indicadores). Así, la misma obra sirve tanto para formar criterio como para dejar evidencia operativa.

Se integra, además, un anexo de tablas de requerimientos nutricionales por especie y fase productiva. Ese cuerpo de referencia rumiantes, monogástricos, aves, equinos, fauna cinegética y especies acuícolas permite contrastar la fórmula autorizada con los rangos que la nutrición exige, sin sustituir el software de formulación ni el análisis de laboratorio.

En síntesis, este trabajo sostiene que fabricar buen alimento es una cadena de decisiones técnicas: recibir con criterio, procesar con control, proteger lo valioso de la fórmula, limpiar con rigor, mantener los equipos, despachar con verificación y medir lo crítico. Cuando esa cadena se sostiene, la planta deja de improvisar y empieza a entregar nutrición segura y consistente.

INTRODUCCIÓN

Las plantas de alimentos balanceados son uno de los eslabones más decisivos de la producción animal moderna. En ellas se concentra una proporción mayoritaria del costo de producir carne, huevo o leche, y también una parte central del desempeño zootécnico: crecimiento, conversión alimenticia, uniformidad de los lotes, salud intestinal y calidad del producto final. Cuando la planta opera con control, el alimento se convierte en una herramienta de precisión. Cuando opera con variabilidad, se convierte en una fuente silenciosa de pérdidas que rara vez aparece con claridad en un solo indicador, pero que se acumula en mermas, reclamos, sobrecostos y resultados irregulares en granja.

Su importancia no es abstracta ni retórica. En sistemas intensivos, el alimento puede representar la mayor parte del costo variable de producción. Por eso, cada punto de mejora en la eficiencia de la planta mejor recepción de granos, menor merma, dosificación más exacta, mejor peletizado, menor destrucción de aditivos, menos errores de despacho se traduce de forma directa en competitividad. No se trata solo de fabricar toneladas. Se trata de fabricar nutrición utilizable, segura y consistente, al menor costo compatible con la inocuidad y con el desempeño animal. Esa distinción es la que separa a una planta que “produce volumen” de una planta que realmente crea valor.

Por qué las plantas de alimentos son estratégicas

La primera razón es de transformación. Las materias primas agropecuarias cambian de lote a lote: humedad, energía, proteína, granulometría, impurezas y riesgo de micotoxinas. La planta es el sistema encargado de absorber esa variabilidad y entregar un alimento más predecible. Sin control de recepción, muestreo, almacenamiento y proceso, la fórmula pierde fidelidad y el animal recibe algo distinto de lo que el nutricionista diseñó. En ese sentido, la planta no es un simple ejecutor de la formulación: es el filtro que decide si el valor nutricional teórico se conserva o se degrada.

La segunda razón es de ejecución. Una dieta puede estar bien formulada y, aun así, fallar por causas de manufactura: molienda inadecuada, mezcla desuniforme, acondicionamiento deficiente, pellet frágil, enfriado incompleto o pérdida de actividad de enzimas y vitaminas. El peletizado, por ejemplo, puede mejorar la presentación y el manejo del alimento, pero el mismo calor que eleva la durabilidad del pellet puede reducir la recuperación de fitasas y de otros aditivos termosensibles. El maíz rolado puede incrementar la disponibilidad del almidón en rumiantes, pero solo si temperatura, humedad y densidad de hojuela se controlan con rigor. Estos no son detalles menores de proceso: son decisiones nutricionales disfrazadas de operación.

La tercera razón es de inocuidad. El alimento puede ser vehículo de micotoxinas, residuos, contaminación cruzada o deterioro microbiológico. Una planta con mala higiene de silos, sin trazabilidad, sin control de humedad o sin disciplina en alimentos medicados no solo afecta la conversión: expone a riesgos sanitarios, regulatorios y comerciales. En el contexto mexicano, instrumentos como la NOM-012-SAG/ZOO-2020, la NOM-060-SAG/ZOO-2020 y la NOM-188-SSA1-2002, junto con las Buenas Prácticas de Manufactura, establecen un piso mínimo de responsabilidad. Cumplirlos no es burocracia externa a la producción: es parte de la calidad del alimento que se entrega.

La cuarta razón es de rentabilidad de cadena. El efecto de una planta eficiente no se agota en su propio costo por tonelada. Se multiplica en granja: mejor consumo, mejor conversión, menos descartes, mayor uniformidad y menor necesidad de correcciones posteriores. Invertir en control de proceso suele ser más rentable que compensar con sobredosificaciones, adsorbentes, reclamos o tratamientos tardíos. Por el contrario, una planta inconsistente obliga a la granja a pagar, una y otra vez, los errores que no se detectaron en recepción, mezclado, peletizado o despacho.

La quinta razón es de uso de recursos. Granos, harinas, grasa, vapor, electricidad, aditivos y tiempo de personal son recursos costosos. La planta que dosifica mal, que genera exceso de finos, que desperdicia vapor, que almacena con humedad insegura o que reprocesa por fallas de calidad está destruyendo valor. Optimizar recursos, en este contexto, no significa recortar a ciegas. Significa eliminar pérdidas

que no agregan nutrición ni seguridad. En márgenes estrechos, esa disciplina marca la diferencia entre sostenerse y quedar fuera de mercado.

Retos y desafíos actuales

Las plantas enfrentan hoy una presión simultánea y exigente. Por un lado, la variabilidad del abastecimiento y la calidad cambiante de las materias primas obligan a decisiones rápidas y bien documentadas en recepción. Por otro, el mercado y la producción animal demandan consistencia entre lotes: el cliente no compra promedios, compra resultados. A ello se suma la complejidad tecnológica del peletizado, del maíz rolado, de las enzimas, de los probióticos y de los fitobióticos, que solo generan retorno cuando se integran con método y no como adornos de fórmula.

Existe, además, una presión normativa y de trazabilidad cada vez más clara. Los alimentos medicados, las harinas de origen animal, el control de aflatoxinas y la documentación de procesos ya no admiten improvisación. Al mismo tiempo, la eficiencia energética y la reducción de paros no planeados se han vuelto indicadores de supervivencia: vapor húmedo, matrices desgastadas, enfriadores saturados, fugas y limpiezas deficientes elevan el costo oculto de cada tonelada. Finalmente, está el desafío del capital humano: sin capacitación, sin registros y sin una cultura de prevención, incluso la mejor infraestructura opera por debajo de su potencial.

Optimizar recursos con criterio técnico

Optimizar no es un discurso de austeridad. Es una estrategia de competitividad basada en evidencia. Una planta optimizada reduce mermas por humedad, polvo, derrames y rechazos; aprovecha mejor el fósforo, la energía y los aminoácidos cuando las enzimas realmente llegan activas al animal; conserva la calidad física del pellet; protege la inversión en aditivos sensibles; disminuye paros y consumo excesivo de vapor o electricidad; y mejora la predictibilidad del alimento entregado al cliente. Todo eso se logra midiendo lo crítico, estandarizando lo que funciona y corrigiendo con causa raíz lo que falla.

Este manual parte de una premisa simple y exigente: la calidad del alimento no se define solo en la formulación, sino en la capacidad de la planta para ejecutarla con control. Por ello combina fundamentos de nutrición con operación de equipos, inocuidad, aditivos, mantenimiento, seguridad y gestión por indicadores. Su propósito no es sustituir la experiencia de planta ni las normas oficiales, sino ordenarlas, traducirlas a decisiones cotidianas y articularlas en un solo sistema de trabajo.

Por la misma razón, el manual incorpora al final tablas de requerimientos nutricionales para distintas especies. No se trata de un recetario paralelo a la operación: es el marco con el que el personal de planta puede reconocer qué está en juego cuando se dosifica, se peletiza o se sustituye un ingrediente. Una dieta de vaca en lactancia, de pollo de engorda, de cerda lactante o de camarón en crecimiento no se fabrica igual, y la planta debe saber por qué.

En las páginas siguientes, el lector encontrará una ruta progresiva desde la recepción hasta el despacho, con argumentos claros, criterios de decisión y herramientas aplicables. Porque, al final, el alimento que llega al comedero es el verdadero veredicto de la planta. Producir con excelencia no es un acto aislado de fabricación: es una responsabilidad técnica continua.

OBJETIVOS Y ALCANCES

Objetivo general

Proporcionar una herramienta de referencia práctica y técnica que permita al personal de plantas de alimentos balanceados fabricar alimento seguro, consistente y nutricionalmente fiel a su diseño, integrando nutrición, inocuidad, eficiencia y seguridad como un solo sistema de trabajo.

Objetivos específicos

- Establecer criterios claros de recepción, muestreo y almacenamiento de materias primas.
- Orientar el control de molienda, dosificación, mezclado, acondicionamiento, peletizado y enfriado.
- Explicar el proceso de maíz rolado y sus variables críticas.
- Integrar el marco normativo mexicano de inocuidad aplicable a la planta.
- Guiar el uso responsable de fitobióticos, probióticos, prebióticos y enzimas, con énfasis en fitasa.
- Promover mantenimiento, seguridad (LOTO, polvo, espacios confinados) y gestión por indicadores.
- Ofrecer base para capacitación y registros operativos.

Alcances

El manual se orienta a plantas de alimentos balanceados en México y Latinoamérica, con énfasis en operación, supervisión y calidad. No sustituye normas oficiales, manuales de fabricante ni procedimientos autorizados de cada empresa; los complementa con criterio técnico y herramientas aplicables.

Limitaciones

Los rangos de temperatura, humedad, granulometría y dosificación deben validarse en cada planta según equipos, fórmulas y especies destino. Los ejemplos son orientativos.

PARTE I

FUNDAMENTOS Y MATERIAS PRIMAS

Capítulos 1 y 2 · Nutrición de planta · Recepción · Silos y micotoxinas

CAPÍTULO 1. NUTRICIÓN Y PLANTA DE ALIMENTOS BALANCEADOS



Figura 1. Flujo general de una planta de alimentos balanceados.

Muchas personas creen que la nutrición animal se resuelve casi por completo en la oficina del formulador. Según esa idea, basta con equilibrar energía, proteína, aminoácidos, minerales y vitaminas para obtener un buen resultado en granja. La realidad de las plantas de alimentos balanceados demuestra que eso no es suficiente.

La fórmula es el diseño. El alimento fabricado es lo que realmente llega al comedero. Entre uno y otro existe un proceso completo de recepción, almacenamiento, molienda, dosificación, mezclado, acondicionamiento, peletizado, enfriado, adición post-pellet, almacenamiento de terminado y despacho. Cada una de esas etapas puede conservar el valor nutricional diseñado... o degradarlo.

Si el alimento sale desuniforme, con mal pellet, con enzimas destruidas por el calor, con humedad alta o con contaminación no controlada, el animal no recibe lo que estaba previsto. Entonces, aunque la fórmula sea correcta sobre el papel, el resultado en granja falla. Por eso la planta no es un simple ejecutor de la formulación: es el filtro que decide si el valor teórico se convierte en nutrición real.

1.1 Por qué la planta forma parte de la nutrición

En sistemas intensivos, el alimento representa una proporción mayoritaria del costo de producir carne, huevo o leche. También influye de manera directa en conversión alimenticia, uniformidad de los lotes, salud intestinal y calidad del producto final. Una planta que dosifica mal, mezcla irregularmente o peletiza de forma deficiente no solo eleva su propio costo por tonelada: transmite ineficiencia a toda la cadena.

La nutrición, por tanto, no termina cuando se cierra la fórmula. Continúa en cada decisión operativa. Un grano mal muestreado puede introducir micotoxinas. Un silo húmedo puede deteriorar el cereal. Una molienda inadecuada puede afectar digestión y peletizado. Una báscula descalibrada altera la composición real del lote. Un vapor de mala calidad produce pellet frágil o, al contrario, exceso de calor que daña aditivos sensibles. Un enfriado incompleto eleva el riesgo de condensación y hongos. Un despacho sin verificación puede enviar el producto equivocado.

Todas esas fallas son, en el fondo, fallas de nutrición aplicada. No se ven necesariamente en un análisis de laboratorio puntual, pero se manifiestan en el desempeño animal, en reclamos y en costos ocultos.

1.2 La fórmula como promesa y la planta como cumplimiento

La fórmula es una promesa técnica: dice qué nutrientes debe aportar el alimento y en qué proporciones. La planta es el sistema encargado de cumplir esa promesa. Si la ejecución es débil, la promesa se rompe.

Esto tiene una implicación práctica importante. Cuando hay problemas en granja, no basta con revisar solo la formulación. También debe revisarse cómo se recibió la materia prima, cómo se almacenó, cómo se molió, cómo se dosificó, cómo se mezcló, a qué temperatura se peletizó, cómo se enfrió y cómo se despachó. De lo contrario, se corrige el diseño y se deja intacta la causa real del problema.

- La fórmula define el objetivo nutricional.
- La planta define si ese objetivo se cumple en el alimento real.
- Formulación, producción y calidad deben trabajar como un solo equipo.

1.3 Qué se pierde cuando la manufactura falla

Las pérdidas de valor nutricional en planta no siempre son visibles a simple vista. Algunas de las más frecuentes son:

- Desuniformidad de mezcla: una parte del lote lleva más vitaminas, minerales o medicamento y otra parte lleva menos.
- Pérdida de actividad enzimática por calor excesivo de peletizado, especialmente en fitasas y otros aditivos termosensibles.
- Exceso de finos: peor manejo, mayor desperdicio y menor respuesta al peletizado.
- Humedad inadecuada: riesgo de deterioro, hongos y merma.
- Contaminación cruzada: residuos de lotes anteriores, incluidos medicamentos.
- Errores de identidad en despacho: el cliente recibe un producto distinto al solicitado.

Cada una de estas fallas convierte una buena fórmula en un alimento impredecible. Y un alimento impredecible obliga a la granja a compensar con más costo, más tiempo o peores resultados.

1.4 Nutrición, inocuidad, eficiencia y seguridad como un solo sistema

Este manual sostiene desde el primer capítulo una idea central: nutrición, inocuidad, eficiencia y seguridad no son departamentos aislados. Son dimensiones del mismo sistema de producción.

Un silo mal monitoreado no es solo un problema de almacén: es un riesgo de micotoxinas y de pérdida nutricional. Un vapor húmedo no es solo un detalle de caldera: es pellet irregular y posible destrucción de enzimas. Una mezcladora desajustada no es solo mantenimiento: es desuniformidad nutricional y, en medicados, un riesgo sanitario. Un despacho sin verificación no es solo un error administrativo: puede ser el envío del alimento equivocado.

Por eso el personal de planta debe entender no solo su máquina o su turno, sino el efecto de su trabajo sobre la nutrición que finalmente llega al animal.

1.5 Qué debe quedar claro desde este capítulo

- La planta no solo fabrica toneladas: entrega nutrición.
- Cada etapa del proceso puede mejorar o echar a perder la fórmula.
- La calidad del alimento se construye desde la recepción hasta el despacho.
- Producción, calidad y formulación deben trabajar juntas.
- Cuando hay malos resultados en granja, hay que revisar también la manufactura.

En la práctica: Si en granja hay malos resultados, no busque solo en la fórmula. Revise también cómo se fabricó el alimento: muestreo, humedad, mezcla, temperatura de peletizado, finos, enfriado y despacho.

1.6 Puente hacia el resto del manual

Los capítulos siguientes desarrollan, de forma progresiva, cada eslabón de esa cadena: materias primas y silos; polvo y flujo de planta; molienda; dosificación y mezclado; acondicionamiento y peletizado; maíz rolado; enfriado y post-pellet; inocuidad y normas mexicanas; aditivos y fitasa; almacenamiento y despacho; mantenimiento; seguridad; e indicadores de gestión.

El hilo conductor es el mismo en todos ellos: fabricar buen alimento es cumplir, con método y control, la promesa nutricional de la fórmula.

Alimentar y nutrir, desde la planta, sigue siendo la clave del éxito para producir.

CAPÍTULO 2. MATERIAS PRIMAS, RECEPCIÓN Y SILOS

MUESTREO DE CAMIÓN DE GRANO EN MOLINO DE ALIMENTOS

TOMA DE MUESTRAS DE GRANOS EN LA PLANTA DE ALIMENTOS

UN BUEN MUESTREO = RESULTADOS PRECISOS DE HUMEDAD Y CALIDAD
MUESTRAS REPRESENTATIVAS PARA DECISIONES CONFIABLES

1. TOMA LA MUESTRA CON UNA SONDA DE GRANO / MUESTREO CON SONDA DE GRANO

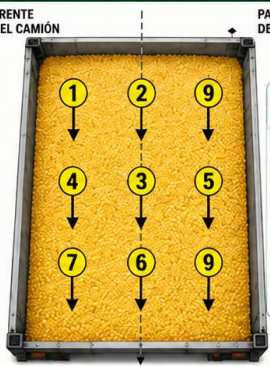


Inserta la sonda de grano verticalmente (o ligeramente inclinada) en múltiples puntos y profundidades.

- Usa equipo de protección personal (EPP).
- Utiliza equipo limpio y seco.
- Mantén el área de muestreo limpia y segura.
- No tomes la muestra cerca de paredes laterales o áreas húmedas.
- Recolecta muestras representativas de toda la carga.

2. VISTA SUPERIOR DEL PATRÓN DE MUESTREO / PATRÓN DE MUESTREO (CAMIÓN DE MAÍZ A GRANEL)

FRENTE DEL CAMIÓN PARTE TRASERA DEL CAMIÓN



9 PUNTOS - 3 PROFUNDIDADES
(9 MUESTRAS - 3 PROFUNDIDADES)

- SUPERFICIAL** (0-30 cm)
Parte superior (0-12 pulg.)
- MEDIA** (30-90 cm)
Nivel medio (12-36 pulg.)
- INFERIOR** (90-150 cm)
Parte inferior (36-60 pulg.)

Este patrón ayuda a obtener una muestra REPRESENTATIVA que cubre todo el ancho y las diferentes profundidades. Una buena mezcla combina todas las muestras para representar adecuadamente toda la carga.

3. VERIFICA LA HUMEDAD CON PRECISIÓN / ANALIZA LA HUMEDAD CORRECTAMENTE



Llena la celda con la muestra representativa. Usa grano limpio y una muestra bien mezclada.

Enciende el equipo y selecciona el tipo de grano (p. ej., maíz). Sigue las instrucciones del fabricante.

Lee el porcentaje de humedad (%). La temperatura también importa. ¡Usa la temperatura adecuada!

Registra los resultados y compara con las especificaciones. Repite las mediciones y asegúrate de cumplir con los estándares.

CONSEJO:
Toma varias lecturas y calcula el promedio para mayor precisión.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE?

- Pagos precisos y justos basados en la calidad del grano.
- Previene desperdicios y problemas de calidad. Minimiza devoluciones, rechazos y costos.
- Mejores decisiones, mejor nutrición animal, mejores resultados.
- Trabajo en equipo y consistencia en toda la planta.

MUESTRA BIEN. ALIMENTA MEJOR. SIEMPRE.

Figura 2. Muestreo representativo de camión de grano.

Manual para plantas de alimentos balanceados · UACH · Pág. 25

Todo empieza cuando llega el camión. Si se acepta grano húmedo, sucio, caliente o con micotoxinas, ese problema ya entró a la planta. Después es más difícil, más lento y más caro de corregir. Por eso la recepción no es un trámite administrativo: es la primera decisión de calidad y de nutrición de todo el proceso.

Este capítulo explica qué revisar al recibir materias primas, cómo tomar una muestra que realmente represente el lote, cómo controlar humedad y temperatura en silos, y cómo limpiar y liberar un silo antes de usarlo de nuevo.

2.1 Por qué la recepción decide gran parte de la calidad

Las materias primas cambian de lote a lote. Un mismo maíz o una misma pasta de soya pueden llegar con distinta humedad, impurezas, grano quebrado, temperatura o riesgo de toxinas. Si la planta no detecta eso a tiempo, formula y fabrica sobre una base falsa.

Una mala recepción genera tres tipos de daño:

- Daño nutricional: el alimento real no coincide con lo que se formuló.
- Daño de inocuidad: se introducen hongos, micotoxinas o contaminación física.
- Daño operativo: más mermas, más reclamos, más paros y más costo de corrección.

Por eso el personal de báscula, muestreo y calidad no solo “recibe camiones”: protege toda la cadena que viene después.

2.2 Qué revisar al recibir un camión

Antes de descargar, debe hacerse una inspección visual y documental. No todo se resuelve en laboratorio; mucho se detecta en el patio con criterio y método.

- Humedad del grano o de la materia prima.
- Impurezas, polvo excesivo, grano quebrado, cuerpos extraños.
- Olor a moho, fermentación o calentamiento.
- Temperatura, especialmente si el grano viene caliente.

- Color y aspecto general del producto.
- Documentos del proveedor: remisión, certificado, lote, peso.
- Cuando hay riesgo o el procedimiento lo exige: análisis de micotoxinas.

La decisión de recepción no es solo “aceptar o rechazar”. También puede ser retener, condicionar o destinar el lote a un uso restringido, según el procedimiento de la planta y la gravedad del hallazgo.

2.3 Cómo tomar la muestra bien

Uno de los errores más comunes es tomar solo un poco de grano de la superficie del camión. Eso no representa el lote. Las micotoxinas y otros defectos no están repartidos de forma pareja: puede haber focos muy contaminados y el resto aparentemente limpio.

Una buena muestra debe:

- Tomarse de varios puntos del camión.
- Incluir distintas profundidades, no solo la capa superior.
- Formarse como muestra compuesta y mezclarse bien.
- Reducirse de forma correcta para enviar al laboratorio.
- Identificarse con fecha, producto, proveedor, lote, camión y responsable.
- Conservar una muestra testigo por si hay reclamo o contraste de resultados.

Si la muestra se toma mal, el laboratorio puede reportar “todo bien” y aun así el lote estar comprometido. En ese caso, el error no fue del análisis: fue del muestreo.

En la práctica: Una mala muestra engaña más que un laboratorio regular. Prefiera perder cinco minutos muestreando bien a perder un silo completo por una decisión falsa.

2.4 Humedad: el primer número crítico

La humedad es uno de los indicadores más importantes de recepción. Grano demasiado húmedo se deteriora más rápido, favorece hongos, se calienta con mayor facilidad y puede generar merma y problemas de flujo en silos.

Cada planta debe definir rangos de aceptación según producto, clima y capacidad de secado o de rotación. Como referencia operativa general, muchos cereales se manejan mejor cuando llegan y se guardan en un rango seguro de humedad de guarda, evitando zonas donde el riesgo de deterioro sube con rapidez.

Medir humedad de inmediato, registrar el valor y decidir con base en el procedimiento evita discusiones posteriores y protege el inventario.

2.5 Temperatura y monitoreo en silos

El grano húmedo y caliente se daña más rápido. Puede calentarse solo, criar hongos y elevar el riesgo de micotoxinas. Por eso no basta con medir humedad al ingreso: también hay que monitorear temperatura dentro del silo.

- Colocar o usar sensores en varios puntos y niveles cuando el sistema lo permita.
- Registrar tendencias, no solo un número aislado.
- Investigar subidas de temperatura no explicadas por el ambiente.
- Priorizar la salida de lotes que muestren calentamiento.

Una subida de temperatura sin razón aparente es una alerta. Puede indicar humedad residual, focos de deterioro, mala aireación o problemas de flujo. Ignorarla convierte un riesgo local en un problema de silo completo.

En la práctica: Una subida de temperatura sin razón es una alerta. Investigue antes de que el daño se extienda.

2.6 Micotoxinas: el riesgo que no se ve a simple vista

Las micotoxinas no se distribuyen de forma uniforme en el lote. Por eso el muestreo representativo es tan importante. Un análisis sobre una muestra superficial puede dar falsa seguridad.

En el contexto mexicano, el control de aflatoxinas en cereales tiene referencia normativa en la NOM-188-SSA1-2002, y la planta debe alinear sus límites internos, su muestreo y su decisión de aceptación con la normativa aplicable y con su propio análisis de riesgo.

Cuando el riesgo es alto cosecha húmeda, historial del proveedor, olor a moho, grano dañado no conviene confiar solo en la apariencia. Hay que muestrear bien y analizar.

2.7 Limpieza y liberación de silos

Un silo con residuales viejos es un foco de problemas: contaminación cruzada, olores, insectos, humedad atrapada y, en el peor de los casos, residuos de alimentos medicados.

Antes de cargar un silo vacío o de cambiar de producto, el procedimiento debe incluir:

- Vaciado completo.
- Retiro de residuales en paredes, conos y equipos asociados.
- Inspección visual.
- Desinfección cuando el procedimiento lo requiera.
- Secado o flush, según el caso.
- Liberación por calidad, con registro y firma.

Si el silo manejó alimento medicado, la limpieza y la liberación deben ser todavía más rigurosas y documentadas. No basta con “verse limpio”: debe quedar evidencia.

2.8 Espacios confinados y seguridad en silos

Entrar a un silo no es una tarea rutinaria cualquiera. Puede haber atmósferas deficientes en oxígeno, polvo, material residual y riesgo de aplastamiento o caída. Por eso el ingreso debe hacerse solo con permiso, bloqueo de energías cuando aplique, supervisión y equipo adecuado.

La limpieza de silos no puede separarse de la seguridad. Un silo “limpio” logrado a costa de un accidente no es un logro operativo.

2.9 Registros mínimos de recepción y silos

Lo que no se registra, en la práctica no se controla. Los registros mínimos útiles incluyen:

- Fecha, hora, producto, proveedor, lote y peso.
- Humedad, observaciones visuales y decisión de aceptación.
- Identificación de muestra y destino del material.
- Temperaturas de silo y acciones tomadas.
- Limpieza, inspección y liberación de silos.

Estos registros permiten trazabilidad, defensa ante reclamos y mejora continua. También evitan que el conocimiento se quede solo en la memoria del turno.

2.10 Qué debe quedar claro en este capítulo

- La recepción es la primera decisión de calidad de la planta.
- El muestreo debe ser multipunto y a distintas profundidades.
- Humedad y temperatura son indicadores críticos de guarda.
- Las micotoxinas exigen muestreo representativo, no apariencia.
- Los silos deben limpiarse, inspeccionarse y liberarse con registro.
- Entrar a un silo requiere control de seguridad, no improvisación.

En la práctica: Si el grano entra mal, casi todo lo demás trabajará sobre un error. Cuide la recepción como si cuidara el resultado final en granja.

2.11 Puente al siguiente capítulo

Con materias primas bien recibidas y silos bajo control, la planta puede enfocarse en el flujo interno, el orden y el control de polvo. Eso se desarrolla en el Capítulo 3.

PARTE II

PROCESO DE FABRICACIÓN

Capítulos 3 a 8 · Polvo · Molienda · Mezclado · Peletizado · Maíz rolado ·
Enfriado

CAPÍTULO 3. FLUJO DE PLANTA Y CONTROL DE POLVO



CONTROL DE POLVO EN MOLINO DE ALIMENTOS

MEÑOS POLVO = PLANTA MS SEGURA, MEJOR EQUIPO, MAYOR EFICIENCIA.



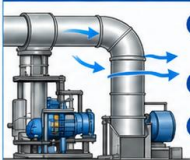
ACUMULACIN DE POLVO = PELIGRO OCULTO



 Sobre vigas y salientes
  Alrededor de motores y equipos
  En reas de dif cil limpieza
  En esquinas y zonas de dif cil acceso

 Incluso peque as acumulaciones de polvo pueden provocar un incendio o una explosin. **CONTRLELO. LIMPIELO. NO LO IGNORE.**

DUCTOS DE ASPIRACIN: CAPTURA EL POLVO EN LA FUENTE



- 1 Captura el polvo en los puntos de generacin (molinos de martillos, mezcladoras, transportadores, etc.).
- 2 Los ductos transportan el aire cargado de polvo al sistema de coleccion.
- 3 La velocidad adecuada mantiene el polvo en movimiento (tpicamente 3,500 – 4,500 FPM [pies por minuto]).

EL DISEO IMPORTA

- Tama o correcto
- Velocidad correcta
- Sin fugas
- Sistema balanceado

SISTEMA DE FILTRO DE BOLSAS: RECOLECTA Y CONTROLA EL POLVO



- 1 El aire con polvo entra al filtro de bolsas.
- 2 El polvo queda atrapado en la superficie de las bolsas.
- 3 El aire limpio pasa a travs y sale.
- 4 El polvo se desprende de las bolsas mediante pulsos de aire y cae a la tolva.
- 5 El polvo recolectado se descarga (tornillo sinfin o vlvula rotativa).

CONSEJOS PARA EL FILTRO DE BOLSAS

- ✓ Inspecciona las bolsas y jaulas regularmente.
- ✓ Mantn la presin diferencial (tpicamente 2 – 6 pulg. c.a.).
- ✓ Reemplaza las bolsas da adas oportunamente.
- ✓ Mantn sellada la compuerta antipolvo entre el filtro y la tolva.
- ✓ Verifica que el sistema de limpieza por pulsos funcione correctamente.

BUENAS PRCTICAS DE LIMPIEZA: EVITA LA ACUMULACIN



BARRE REGULARMENTE

Elimina el polvo de pisos, vigas, salientes y alrededor de los equipos.



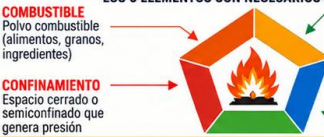
UTILIZA ASPIRADORAS INDUSTRIALES

Usa aspiradoras certificadas para polvo combustible (tipo DIIEX).

LIMPIA CON FRECUENCIA • LIMPIA A FONDO • LIMPIA DE FORMA SEGURA

PENTGONO DE EXPLOSIN DE POLVO

LOS 5 ELEMENTOS SON NECESARIOS PARA UNA EXPLOSIN



- COMBUSTIBLE**
Polvo combustible (alimentos, granos, ingredientes)
- CONFINAMIENTO**
Espacio cerrado o semiconfinado que genera presin
- OX GENO**
Aire (siempre presente)
- IGNICIN**
Chispas, calor, friccin, superficies calientes, equipo elctrico
- DISPERSIN**
Nube de polvo en suspensin

 **ELIMINA SOLO UN ELEMENTO – PREVIENE UNA EXPLOSIN**

 **PIENSA EN LA SEGURIDAD. TRABAJA SEGURO. REGRESA A CASA SEGURO.**

 Sigue los procedimientos de control de polvo
  Reporta riesgos inmediatamente
  Mantn los equipos y sistemas
  Capacitate • Comunica Mantente Alerta

Figura 3. Control de polvo y pentgono de explosin.

Una planta bien organizada evita confusiones, facilita la limpieza y reduce riesgos. El orden del flujo no es un asunto de estética: es una decisión de inocuidad, de eficiencia y de seguridad. Si el alimento medicado se cruza con el no medicado, si hay fugas en elevadores y tornillos, o si el polvo se acumula en vigas, motores y fosas, el problema ya no es solo de apariencia. Es un problema de calidad y de prevención de accidentes.

Este capítulo explica por qué el flujo de materiales debe ser claro, dónde se genera el polvo, qué riesgos implica y cómo controlarlo en la operación diaria.

3.1 El flujo de planta como sistema

El alimento recorre una secuencia: recepción, silos de materia prima, molienda, dosificación, mezclado, acondicionamiento, peletizado, enfriado, cribado, silos de terminado y despacho. Cada transferencia entre equipos es un punto donde puede haber merma, contaminación cruzada, error de identidad o generación de polvo.

Un flujo bien diseñado y bien operado busca tres cosas al mismo tiempo:

- Que el producto correcto vaya al equipo correcto.
- Que no se mezclen lotes incompatibles.
- Que el material no se escape, no se acumule ni se contamine en el camino.

Cuando el flujo es confuso silos mal identificados, rutas compartidas sin limpieza, cambios de fórmula sin flush, desviaciones no registradas la planta empieza a fabricar incertidumbre. El operador trabaja, pero el resultado deja de ser predecible.

3.2 Orden, identificación y prevención de cruces

El orden operativo empieza por identificar. Si un silo, una tolva, una línea o un saco no están claramente identificados, el error es cuestión de tiempo. Esto es especialmente crítico en alimentos medicados, premezclas y productos de destino distinto.

- Identificar silos, tolvas y líneas con producto y, cuando aplique, con lote.
- Respetar la secuencia de fabricación autorizada.

- Hacer flush o limpieza documentada al pasar de un producto de riesgo a uno sensible.
- No improvisar desvíos de flujo “para salir del paso”.

El cruce de productos no siempre se ve. A veces queda como residuo en un elevador, en un tornillo o en una válvula. Por eso el flujo no se controla solo con la receta impresa: se controla con identificación, secuencia y evidencia de limpieza.

3.3 Dónde se genera el polvo

El polvo de grano y de alimento se genera de forma previsible. Los puntos más frecuentes son:

- Descarga de camiones y puntos de recepción.
- Elevadores, tornillos, bandas y caídas de material.
- Molinos y sistemas de cribado.
- Dosificación de ingredientes secos y microingredientes.
- Peletizado, enfriado y transporte de pellet.
- Llenado de silos, sacos y camiones.

Si hay fugas en uniones, tapas mal cerradas, filtros saturados o aspiración fuera de servicio, el polvo deja de quedarse en el equipo y empieza a cubrir la planta. Entonces el problema se vuelve permanente: se limpia hoy y mañana vuelve a estar igual.

3.4 Por qué el polvo no es “solo suciedad”

En una planta de alimentos balanceados el polvo tiene tres dimensiones:

Primera, de salud ocupacional. La exposición reiterada a polvo de grano y de alimento puede irritar vías respiratorias y empeorar el ambiente de trabajo. Un área polvorienta no es un lugar adecuado para operar con disciplina.

Segunda, de inocuidad y calidad. El polvo acumulado se convierte en residuo que puede reincorporarse de forma no controlada, favorecer plagas, humedecerse y generar focos de deterioro. También complica la limpieza de silos, fosas y equipos.

Tercera, de seguridad. El polvo combustible, en suspensión y con una fuente de ignición, puede participar en incidentes graves. No todo polvo en cualquier concentración explota, pero normalizar la acumulación es normalizar el riesgo. El control de polvo es, por tanto, parte de la prevención, no un adorno de imagen.

En la práctica: Si el polvo está normalizado, el riesgo también lo está. Aspire, selle fugas y no deje capas sobre vigas, motores y fosas.

3.5 Control de polvo en la operación diaria

El control efectivo no depende de una sola gran limpieza al año. Depende de hábitos diarios y de equipos que funcionen.

- Mantener en operación los sistemas de aspiración en puntos de generación.
- Revisar filtros, mangas y contenedores de polvo; un filtro saturado deja de proteger.
- Sellar fugas en elevadores, tornillos, bridas y tapas.
- Limpiar vigas, pasarelas, motores, tableros y fosas con frecuencia definida.
- Evitar soplar polvo de un lado a otro como si eso fuera limpieza.
- Retirar acumulaciones antes de que se compacten o se humedezcan.

La limpieza debe ser metódica. Soplar con aire comprimido hacia zonas abiertas suele mover el problema, no resolverlo. Preferir aspiración y retiro controlado reduce recontaminación y exposición.

3.6 Relación con el pentágono de explosión

Para que ocurra un evento de explosión de polvo suelen coincidir varios factores: combustible (el polvo), oxidante (aire), suspensión o nube, confinamiento y fuente de ignición. El operador no necesita memorizar un esquema académico para actuar bien. Necesita entender una regla simple: cuanto más polvo hay acumulado y más focos de calor o chispa existen, más se acerca la planta a una condición peligrosa.

Las acciones preventivas más útiles en piso son concretas:

- Reducir acumulación de polvo.
- Controlar fugas que generan nubes.
- Mantener limpios motores, tableros y zonas calientes.
- Respetar trabajos en caliente con permiso y limpieza previa.
- No improvisar fuentes de ignición cerca de material fino seco.

El análisis formal de riesgo de polvo (incluido un enfoque tipo DHA cuando la planta lo requiera) complementa estas prácticas. Pero ninguna evaluación sustituye la limpieza y el sellado cotidianos.

3.7 Fosas, fosos y puntos ciegos

Las fosas de recepción, los fosos de elevadores y los espacios bajo equipos son puntos ciegos típicos. Ahí se acumula polvo, grano derramado y humedad. Si no se inspeccionan, se convierten en focos de plaga, olor, deterioro y riesgo de resbalón o de atmósfera polvorienta.

El programa de limpieza debe incluir esos puntos, no solo pasillos visibles. Un área “presentable” en superficie y sucia abajo no está controlada.

3.8 Flujo, merma y eficiencia

El polvo y las fugas también son merma. Cada kilo que se escapa del sistema es materia prima pagada que no llegó al alimento. Además, ensucia, obliga a recolectar, puede reingresar sin control y distorsiona inventarios.

Por eso el control de polvo no compite con la producción: la sostiene. Una planta que sella fugas, aspira bien y mantiene el flujo cerrado pierde menos material, trabaja más limpia y reduce paros por suciedad o por fallas asociadas a acumulación.

3.9 Registros y verificación

Lo que no se verifica, se relaja. Conviene dejar evidencia simple:

- Inspección de fugas por turno o por día.
- Estado de aspiración y de filtros.
- Limpieza de vigas, motores, fosas y puntos críticos.
- Trabajos en caliente y condiciones previas de limpieza.
- Hallazgos y acciones correctivas.

Un checklist breve, usado de verdad, vale más que un procedimiento largo que nadie aplica.

3.10 Qué debe quedar claro en este capítulo

- El flujo de planta debe ser claro, identificado y sin cruces improvisados.
- El polvo no es solo suciedad: afecta salud, inocuidad y seguridad.
- Los puntos de generación deben aspirarse y sellarse.
- Filtros saturados y fugas abiertas convierten el polvo en problema permanente.
- Las fosas y puntos ciegos también entran al programa de limpieza.
- Reducir polvo es también reducir merma y riesgo.

En la práctica: Si ve polvo acumulado en vigas, motores o fosas, no lo normalice. Esa capa es un aviso de que el sistema está abierto o mal aspirado.

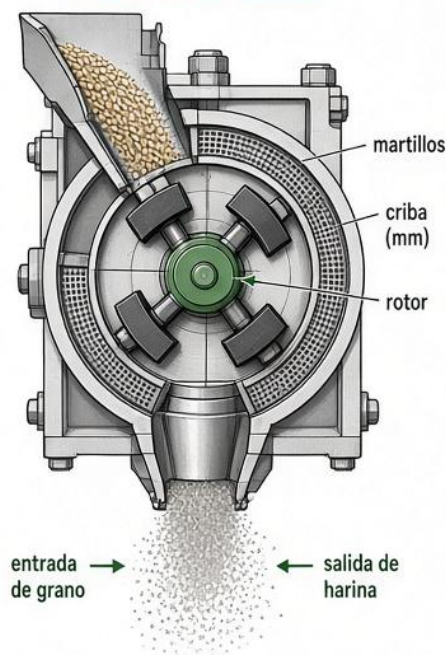
3.11 Puente al siguiente capítulo

Con el flujo ordenado y el polvo bajo control, la siguiente decisión técnica es cómo se reduce el tamaño de partícula. La molienda determina mezcla, paletizado, polvo adicional y aprovechamiento del alimento. Eso se desarrolla en el Capítulo 4.

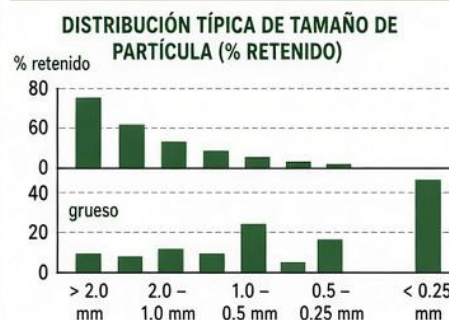
CAPÍTULO 4 • MOLIENDA Y GRANULOMETRÍA

El tamaño de partícula decide digestión, polvo y calidad de pellet.

1 MOLINO DE MARTILLOS (CORTE TRANSVERSAL)



2 GRANULOMETRÍA: TAMAÑO DE PARTÍCULA

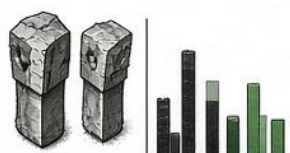


3 CRIBA DESGASTADA = MÁS FINOS Y POLVO



Mayor % de partículas finas, más polvo, menor calidad de pellet y ambiente sucio.

4 MARTILLOS GASTADOS = GRANULOMETRÍA IRREGULAR



Desgaste desigual produce molienda inconsistente: mezcla de gruesos y finos.

5 VERIFICAR % RETENIDO

- ✓ Tomar muestra representativa
- ✓ Analizar con tamices (mm)
- ✓ Calcular % retenido en cada tamiz
- ✓ Ajustar criba y martillos según objetivo

Objetivo: distribución uniforme para buena digestión, menos polvo y pellets de alta calidad.

Manual para plantas de alimentos balanceados • UACH 2026

Figura 4. Molienda y granulometría: martillos, criba y distribución del tamaño de partícula.

CAPÍTULO 4. MOLIENDA Y GRANULOMETRÍA

Moler sirve para que los ingredientes se mezclen mejor, se paleticen mejor y el animal los aproveche mejor. Pero no todo “más fino” es mejor. Una molienda excesiva genera más polvo, gasta más energía y puede complicar el flujo. Una molienda demasiado gruesa dificulta el mezclado, el paletizado y, en algunas dietas, la digestión.

Este capítulo explica para qué se muele, cómo se controla el tamaño de partícula, qué vigilar en el molino y por qué el mantenimiento de martillos y cribas es parte de la nutrición aplicada.

4.1 Para qué se muele

La molienda reduce el tamaño de partícula de granos e ingredientes. Con ello se busca:

- Mejorar la uniformidad de la mezcla.
- Facilitar el acondicionamiento y el peletizado.
- Aumentar la superficie de contacto para la digestión, según la especie y la dieta.
- Homogeneizar materiales que llegan con granulometría variable.

El objetivo no es “hacer polvo”. El objetivo es alcanzar un tamaño de partícula adecuado para la fórmula, el equipo y el animal destino. Ese tamaño debe definirse, medirse y sostenerse.

4.2 El equilibrio entre fino y grueso

Si el material queda muy grueso, cuesta más mezclarlo de forma pareja y suele peletizar peor. El pellet puede salir frágil, con más finos o con menor durabilidad. En algunas especies, partículas demasiado grandes también reducen el aprovechamiento del alimento.

Si el material queda muy fino, hay más polvo, más merma, más riesgo en aspiración y, con frecuencia, más consumo energético. El molino trabaja más para un

beneficio que ya no crece en la misma proporción. Además, un exceso de finos puede afectar el flujo en tolvas y la calidad del ambiente de planta.

Por eso la molienda se controla con un objetivo, no con la costumbre de “dejarlo lo más fino posible”.

4.3 Granulometría: lo que hay que medir

La granulometría es la distribución del tamaño de partículas. No basta con mirar el material y decir que “se ve bien”. Dos corridas pueden parecer similares a la vista y, sin embargo, tener un tamaño medio distinto o una cola excesiva de finos o de gruesos.

Los métodos prácticos más usados incluyen:

- Tamizado con un juego de mallas y cálculo de tamaño medio o de distribución.
- Inspección visual de referencia, solo como apoyo, nunca como único control.
- Comparación periódica contra el estándar interno de la planta para esa dieta o ese grano.

Cada planta debe definir el tamaño objetivo según especie, tipo de alimento y capacidad de peletizado. Lo importante es que el estándar exista, se mida con cierta frecuencia y se corrija cuando se desvíe.

En la práctica: La molienda no se controla solo de vista. Se controla midiendo y manteniendo el equipo.

4.4 El molino de martillos y sus variables

En muchas plantas el equipo más común es el molino de martillos. Su resultado depende de varias variables que el operador y mantenimiento deben conocer:

- Diámetro o abertura de la criba.
- Estado y desgaste de martillos.
- Velocidad y carga del molino.
- Humedad del grano.
- Aspiración y alivio de aire.
- Alimentación uniforme, sin sobrecarga.

Cambiar la criba cambia el tamaño. Operar con martillos gastados o desbalanceados también lo cambia, aunque la criba sea la misma. Sobrecargar el molino puede “empujar” material sin molerlo bien o, al contrario, sobrecalentar y generar más finos. Por eso el resultado no se explica solo por la malla instalada.

4.5 Criba, martillos y mantenimiento

Una criba rota, deformada o mal sentada deja pasar partículas más grandes de lo previsto. Un juego de martillos desgastado o incompleto reduce eficiencia y altera la granulometría. Ambos defectos pueden pasar desapercibidos si nadie inspecciona el interior del molino.

- Inspeccionar cribas con frecuencia definida.
- Verificar que no haya roturas, ovalamiento o fugas por el perímetro.
- Revisar martillos: desgaste, faltantes, holgura y balance.
- Llevar registro de horas de uso y de cambios.
- No esperar a que “ya no muele” para intervenir.

El mantenimiento de molienda es preventivo o es costoso. Cuando se deja llegar al límite, la planta ya fabricó varios turnos de alimento fuera de estándar.

4.6 Aspiración, polvo y temperatura

El molino es un punto fuerte de generación de polvo y de aire. Sin aspiración adecuada, el polvo sale al área, se acumula y empeora el ambiente. Con aspiración saturada o mal regulada, el propio molino puede trabajar peor.

También hay que vigilar calentamiento. Grano húmedo, criba tapada, sobrecarga o martillos en mal estado pueden elevar temperatura y favorecer condensación, apelmazamiento o mayor generación de finos. Un molino que “huele a caliente” o que vibra de forma anómala no debe normalizarse.

4.7 Relación de la molienda con mezclado y peletizado

La molienda no es una isla. Si el tamaño de partícula queda fuera de rango, el mezclado pierde uniformidad y el peletizado pierde consistencia. Una harina muy gruesa suele exigir más acondicionamiento o producir pellet más frágil. Una harina muy fina puede mejorar la compactación, pero a costa de polvo, energía y, a veces, de flujo.

Por eso, cuando el pellet sale mal, no hay que mirar solo la matriz. También hay que preguntar: ¿la granulometría de la harina sigue en el rango definido?

4.8 Control por turno y criterios de decisión

El operador no necesita un laboratorio complejo en cada corrida, pero sí una rutina mínima:

- Confirmar criba instalada según la orden o el estándar.
- Escuchar y observar: ruidos, vibración, amperaje, atascos.
- Revisar que la aspiración esté trabajando.
- Tomar de vez en cuando una muestra para tamizado o comparación visual controlada.
- Reportar de inmediato cribas dañadas, martillos flojos o cambios bruscos de tamaño.

Si el material sale más grueso o más fino de lo habitual, detenerse a investigar ahorra más que seguir produciendo “porque el turno no puede parar”.

4.9 Qué debe quedar claro en este capítulo

- La molienda tiene un tamaño objetivo; no se improvisa.
- Muy grueso complica mezcla y peletizado; muy fino genera polvo y gasto.
- La granulometría se mide, no solo se mira.
- Criba y martillos definen el resultado tanto como la receta.
- Aspiración y mantenimiento son parte del control de proceso.
- Un desvío de molienda se transmite a todo lo que sigue.

En la práctica: Si el pellet o la mezcla salen mal, pregunte también por la molienda. El tamaño de partícula puede ser la causa que nadie estaba midiendo.

4.10 Puente al siguiente capítulo

Con un tamaño de partícula controlado, la planta puede dosificar y mezclar con mayor fidelidad a la fórmula. La cantidad correcta y el reparto uniforme se desarrollan en el Capítulo 5.

CAPÍTULO 5. DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO



Figura 5. Uniformidad de mezcla (coeficiente de variación).

La dosificación es poner la cantidad correcta de cada ingrediente. El mezclado es lograr que esa cantidad quede bien repartida en todo el lote. Si falla cualquiera de las dos, el alimento queda mal, aunque la fórmula sea excelente.

Este capítulo explica por qué ambas operaciones son el corazón de la fidelidad a la fórmula, cómo se controlan las básculas, qué significa un buen mezclado y cómo se verifica la uniformidad.

5.1 Dos operaciones distintas, un solo resultado

Es frecuente hablar de “la mezcla” como si todo ocurriera en un solo paso. En planta hay que separar dos ideas:

- Dosificar: pesar o medir lo que la fórmula pide.
- Mezclar: repartir eso de forma uniforme en todo el lote.

Una báscula descalibrada entrega un lote con la composición equivocada desde el origen. Una mezcladora desajustada puede pesar bien los ingredientes y, aun así, dejar zonas con más vitaminas, minerales, medicamento o grasa que otras. En ambos casos el animal no recibe lo diseñado.

5.2 La dosificación como cumplimiento de la fórmula

Cada ingrediente tiene un peso objetivo. Los macros granos, pastas, salvados se dosifican en básculas de mayor capacidad. Los micros premezclas, aminoácidos, enzimas, medicamentos, minerales se dosifican con mayor precisión porque una desviación pequeña representa un error grande en concentración.

Para que la dosificación sea confiable se necesita:

- Básculas calibradas y verificadas con frecuencia definida.
- Identificación correcta del ingrediente y del silo o tolva de origen.
- Secuencia de carga autorizada.
- Control de humedad y fluidez, porque un material apelmazado no dosifica igual.
- Registro del peso real contra el peso teórico.

Si el sistema dosifica “de memoria” o se aceptan diferencias grandes “porque siempre pasa”, la planta deja de fabricar la fórmula y empieza a fabricar un promedio aproximado.

5.3 Microingredientes: donde el error pesa más

Un kilo de más o de menos en maíz puede ser relevante, pero un error similar en una premezcla, una enzima o un medicamento cambia el alimento de forma desproporcionada. Por eso los microingredientes exigen:

- Equipos de dosificación precisos.
- Identificación inequívoca del producto.
- Evitar residuos de un micro en el siguiente.
- Doble verificación en medicados y en aditivos de alto impacto.
- Almacenamiento seco, ordenado y con control de caducidad.

En alimentos medicados, un error de dosificación no es solo un desvío nutricional: es un riesgo sanitario y regulatorio.

5.4 Sistemas volumétricos y gravimétricos

Hay plantas que dosifican por peso (gravimétrico) y otras que, en algunos puntos, todavía dosifican por volumen. El pesaje es preferible porque el volumen cambia con densidad, humedad y compactación. Un mismo “cucharón” o un mismo tiempo de tornillo no siempre entrega la misma masa.

Si se usa dosificación volumétrica, debe validarse con pesajes de contraste y ajustarse cuando cambie la densidad del material. Sin esa validación, el volumen se vuelve una costumbre, no un control.

5.5 Qué es un buen mezclado

Mezclar bien no es “darle más tiempo por si acaso” ni “llenar la mezcladora hasta arriba”. Un buen mezclado logra que cualquier porción del lote tenga, en lo esencial, la misma composición.

Para ello influyen:

- Tipo y estado de la mezcladora.
- Nivel de llenado: ni demasiado vacía ni sobrecargada.
- Tiempo de mezclado seco y, si aplica, tiempo después de líquidos.
- Orden de adición de ingredientes.
- Desgaste de paletas, listones o listones helicoidales.
- Residuos de lotes anteriores.

Un tiempo insuficiente deja zonas sin integrar. Un tiempo excesivo, en algunas mezcladoras, puede empezar a segregar partículas de distinto tamaño. El punto correcto se valida, no se adivina.

5.6 Uniformidad y coeficiente de variación (CV)

El indicador más usado para juzgar la uniformidad de mezcla es el coeficiente de variación (CV) de un trazador o de un nutriente. Un CV bajo indica que el componente está bien repartido. Un CV alto indica desuniformidad: el promedio del lote puede parecer correcto y, sin embargo, dentro del saco o del camión hay “picos y valles”.

La planta debe definir:

- Con qué trazador o analito se evalúa.
- Cada cuánto se hace la prueba.
- Cuál es el CV máximo aceptable para su tipo de alimento.
- Qué acción se toma si el resultado se sale.

En la práctica: Un alimento promedio bien formulado no sirve si dentro del saco o del camión está desuniforme.

5.7 Líquidos, grasa y adición durante el mezclado

Cuando se agregan líquidos o grasa en la mezcladora, el momento y la aspersión importan. Si se agregan demasiado pronto, pueden formarse grumos. Si se agregan mal distribuidos, quedan zonas grasosas y zonas secas. Si el aspersor está tapado o desalineado, una parte del lote recibe más de lo debido.

La regla práctica es agregar líquidos cuando los secos ya tienen un primer grado de homogeneidad, con aspersión uniforme y tiempo posterior suficiente para integrar, sin convertir la mezcla en una masa apelmazada.

5.8 Residuos, flush y contaminación cruzada

La mezcladora y las líneas asociadas retienen material. Ese residual puede contaminar el lote siguiente, sobre todo cuando se pasa de un medicado a un no medicado, o de una fórmula con un aditivo sensible a otra que no debe llevarlo.

Por eso, después de lotes de riesgo, el procedimiento debe incluir flush, limpieza o ambas, con registro. No basta con “correr el siguiente” y esperar que se diluya solo.

5.9 Control por turno

La rutina mínima del operador y de calidad incluye:

- Confirmar fórmula, lote y destino.
- Verificar que las básculas respondan y que no haya alarmas ignoradas.
- Respetar tiempos de mezclado del procedimiento.
- Observar ruidos, sobrecarga y descarga incompleta.
- Revisar que no queden residuales anormales.
- Registrar pesos reales y desviaciones.

Si una báscula “siempre queda corta” o la mezcladora “siempre deja material”, eso no es una peculiaridad del equipo: es un desvío que hay que corregir.

5.10 Qué debe quedar claro en este capítulo

- Dosificar es cantidad; mezclar es uniformidad. Hacen falta las dos.
- Las básculas deben estar calibradas y los micros, especialmente controlados.
- El tiempo y el llenado de la mezcladora se validan, no se improvisan.
- El CV es la forma de saber si la mezcla está pareja.
- Líquidos y medicados exigen secuencia, flush y registro.
- El promedio del lote no basta si dentro va desuniforme.

En la práctica: Si hay problemas en granja con vitaminas, minerales o medicamentos, revise dosificación y mezclado antes de cambiar otra vez la fórmula.

5.11 Puente al siguiente capítulo

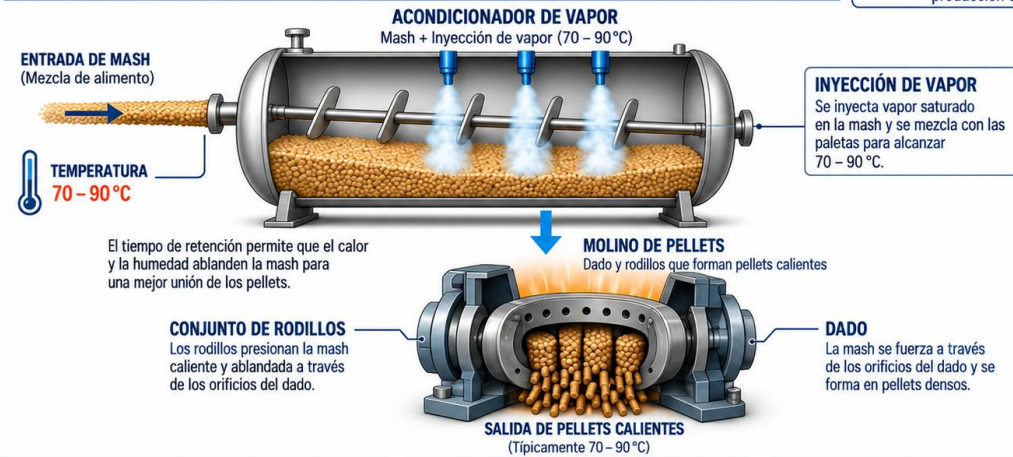
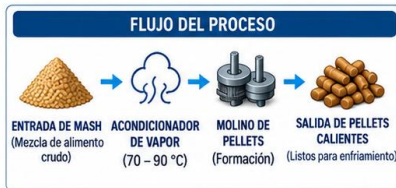
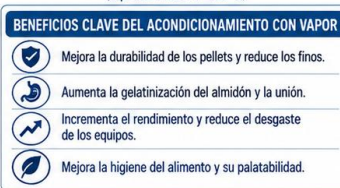
Con la harina bien dosificada y bien mezclada, la siguiente etapa es darle forma y estabilidad física mediante vapor, acondicionamiento y peletizado. Eso se desarrolla en el Capítulo 6.

CAPÍTULO 6. ACONDICIONAMIENTO Y PELETIZADO

MOLINO DE PELLETS Y ACONDICIONADOR DE VAPOR

VISIÓN GENERAL DEL PROCESO: ACONDICIONAMIENTO DE LA MASH Y FORMACIÓN DE PELLETS

El acondicionamiento adecuado con vapor mejora la calidad, durabilidad y eficiencia de producción de los pellets.



PARÁMETROS TÍPICOS DE OPERACIÓN	
Temperatura del acondicionador	70 – 90 °C
Presión de vapor	1.5 – 4.0 bar (vapor saturado)
Humedad después del acondicionamiento	15 – 18% (típico)
Tiempo de retención (acondicionador)	30 – 90 segundos (típico)
Temperatura del dado (aprox.)	70 – 90 °C

Nota: Los parámetros reales dependen de la formulación, el tamaño del pellet y el diseño del equipo.

Figura 6. Acondicionamiento con vapor y peletizado.

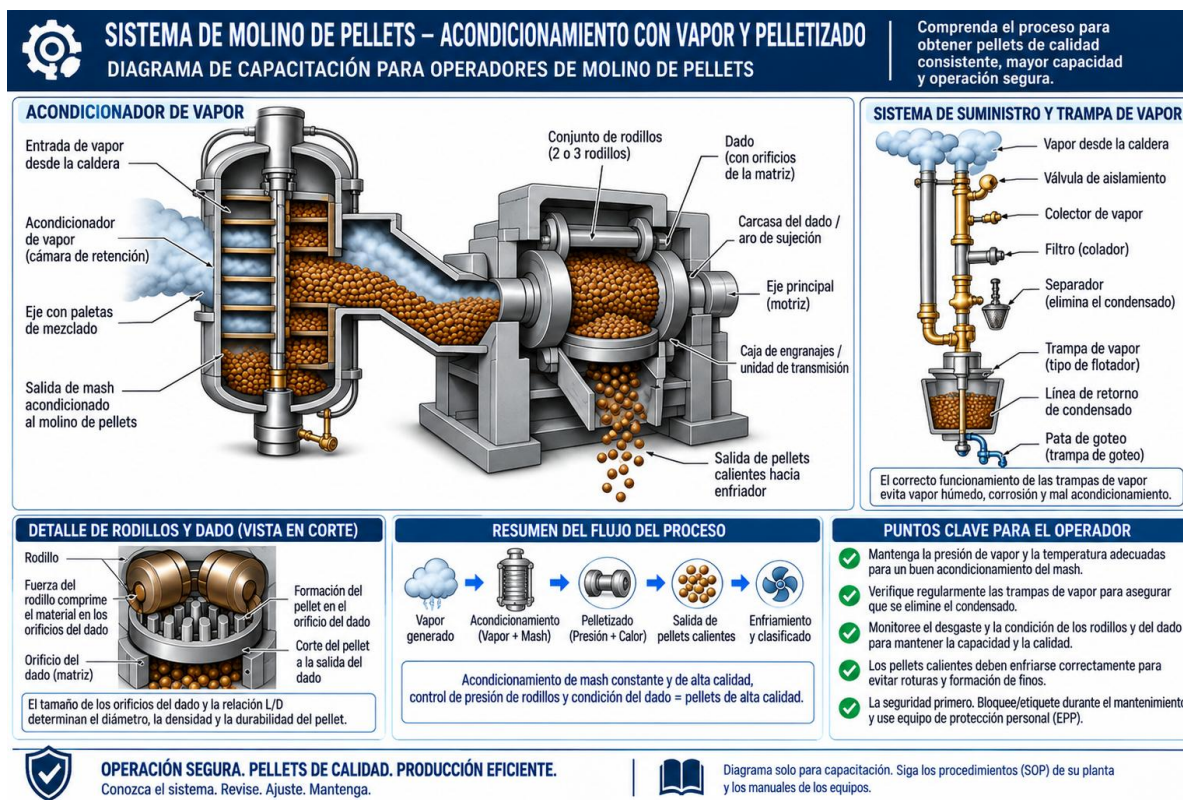


Figura 7 (continuación). Acondicionamiento con vapor, matriz y peletizado.

Peletizar sirve para que el alimento se maneje mejor, haya menos polvo y, en muchos casos, el animal responda mejor. Pero peletizar bien no es solo “sacar pellet”. Es acondicionar la harina con vapor de calidad, compactarla a través de una matriz en buen estado y lograr un producto durable sin destruir lo valioso de la fórmula.

Este capítulo explica el papel del vapor, el dilema del calor, los factores que controlan la calidad física del pellet y lo que el operador debe vigilar turno a turno.

6.1 Qué busca el peletizado

Al pasar la harina acondicionada por la matriz se obtiene un pellet más denso, más manejable y, si el proceso está bien, con menos finos. En muchas especies eso se traduce en mejor consumo, menos desperdicio y mejor respuesta que una harina suelta.

El peletizado no corrige una fórmula mal dosificada ni una mezcla desuniforme. Si la harina entra mal, el pellet solo “empaqueta” el error.

6.2 El acondicionamiento: calor y humedad con propósito

Antes de la matriz, la harina se acondiciona con vapor. El vapor aporta calor y humedad para que el almidón se ablande, las partículas se adhieran mejor y el material fluya hacia los orificios de la matriz.

Un acondicionamiento deficiente produce pellet frágil, más finos y mayor esfuerzo de la peletizadora. Un acondicionamiento excesivo o con vapor de mala calidad puede apelmazar, tapar, elevar demasiado la temperatura o dañar enzimas y vitaminas sensibles.

- El objetivo es alcanzar la temperatura y la humedad de proceso definidas para esa dieta.
- No es calentar “lo más que se pueda”.
- Tampoco es ahorrar vapor a costa de un pellet que se desbarata.

6.3 Calidad del vapor

El vapor debe llegar al acondicionador en condiciones útiles: preferentemente saturado y lo más seco posible. Vapor muy húmedo arrastra condensado, moja de forma irregular y complica el proceso. Vapor inestable hace que la temperatura suba y baje, y el pellet sale distinto de un minuto a otro.

Por eso importan:

- Presión de vapor en el rango definido.
- Purgadores que trabajen y no estén ahogados o cerrados.
- Aislamiento de líneas.
- Ausencia de fugas relevantes.
- Estabilidad de la temperatura de acondicionamiento.

Un purgador que no drena, una trampa saturada o una línea llena de condensado no son detalles de caldera: son causas directas de mal pellet.

En la práctica: Si el pellet sale mal, no mire solo la matriz. Revise también vapor, humedad y ajuste de rodillos.

6.4 El dilema del calor

Más calor suele mejorar la gelatinización del almidón y la durabilidad del pellet. Pero el mismo calor puede reducir la actividad de fitasas, de otras enzimas, de vitaminas o de probióticos termosensibles.

Por eso cada dieta tiene un rango, no un récord de temperatura. El punto correcto es aquel donde el pellet sale con buena calidad física y los aditivos sensibles todavía cumplen su función. Si la planta solo persigue dureza máxima, puede estar pagando el pellet con la pérdida de la enzima.

6.5 Matriz, rodillos y holgura

La matriz define el diámetro del pellet y, junto con los rodillos, la presión de compactación. Una matriz gastada, tapada o inadecuada para esa fórmula obliga a más amperaje, produce más finos y reduce capacidad.

La holgura entre rodillo y matriz es un ajuste crítico. Demasiada distancia reduce compactación. Demasiada cercanía acelera el desgaste y puede generar calor o vibración anormal. Ese ajuste se verifica; no se deja “como quedó la última vez”.

- Inspeccionar orificios, desgaste y tapones.
- Verificar holgura según el procedimiento del fabricante y de la planta.
- Lubricar según plan.
- Registrar vida de matriz y causas de cambio.

6.6 Qué debe vigilar el operador

La rutina de peletizado no es solo “arrancar y ver que salga pasta”. El operador debe observar:

- Temperatura de acondicionamiento.
- Presión de vapor y comportamiento de purgadores.
- Amperaje de la peletizadora.
- Calidad visual del pellet: longitud, quiebres, brillantes u opacos, humedad aparente.
- Cantidad de finos al cribado.
- Ruidos, vibración y atascos.
- Cambios de fórmula que exigen otro rango de proceso.

Un amperaje que se dispara, un pellet que se desmorona o una temperatura que no sostiene el set point son señales para intervenir, no para “aguantar el turno”.

6.7 Finos y durabilidad

Los finos son el síntoma más visible de un peletizado deficiente. Pueden originarse en vapor insuficiente, matriz gastada, holgura mal ajustada, granulometría inadecuada, fórmula con poca capacidad de aglomeración o enfriado posterior mal hecho.

La durabilidad se evalúa en planta con criterios prácticos (aspecto, quiebre, porcentaje de finos) y, cuando existe el ensayo, con un índice de durabilidad (PDI). El dato sirve si se usa para corregir causa, no solo para archivar.

6.8 Relación con enzimas y aditivos sensibles

Si la fórmula incluye fitasa u otros aditivos termosensibles, el peletizado deja de ser solo un tema de presentación. Se convierte en un punto de pérdida o de conservación de valor. En esos casos, la temperatura de acondicionamiento debe quedar dentro del rango compatible con la enzima, o el aditivo deberá aplicarse post-pellet cuando el procedimiento lo contemple.

6.9 Qué debe quedar claro en este capítulo

- Peletizar bien es acondicionar bien y compactar bien, no solo “sacar forma”.
- El vapor de calidad es tan importante como la matriz.
- Más calor no siempre es mejor: puede destruir enzimas.
- Holgura, desgaste y amperaje se vigilan turno a turno.
- Los finos son un síntoma; hay que buscar la causa.
- Una harina mal hecha no se corrige en la peletizadora.

En la práctica: Defina un rango de temperatura para cada tipo de dieta y respételo. El pellet “muy duro” no justifica una enzima inactiva.

6.10 Puente al siguiente capítulo

En bovinos de engorda, además del pellet, muchas plantas procesan maíz con vapor y rodillos para mejorar el almidón. El maíz rolado se desarrolla en el Capítulo 7.

CAPÍTULO 7. MAÍZ ROLADO



Figura 8. Maíz rolado (steam-flaking) y densidad de hojuela.

En ganado de engorda, el maíz se procesa para que el animal aproveche mejor el almidón. El maíz rolado con vapor (steam-flaking) calienta y humedece el grano y luego lo aplana entre rodillos. Eso rompe barreras del pericarpio y de la estructura del almidón, y hace que la energía del grano sea más disponible en rumen.

Si el proceso se hace bien, el ganado obtiene más energía del mismo maíz. Si se hace mal, se gasta vapor, tiempo y equipo sin ganar el beneficio esperado.

7.1 Para qué se rolea el maíz

El grano entero o mal procesado limita el acceso de los microorganismos ruminales al almidón. El rolado con vapor busca aumentar la gelatinización y la superficie de contacto, mejorando la digestibilidad del almidón y, con ello, la respuesta productiva.

No es un adorno de presentación. Es una decisión nutricional ejecutada en planta. Por eso debe controlarse con números, no solo con la apariencia de la hojuela.

7.2 El proceso en tres momentos

El steam-flaking se entiende mejor en tres etapas:

- Acondicionamiento del grano con vapor: sube temperatura y humedad.
- Paso por rodillos: se forma la hojuela.
- Enfriado o secado posterior, según el sistema, para estabilizar el producto.

Si el grano entra frío, seco o desuniforme, los rodillos no “arreglan” el proceso. El acondicionamiento es tan importante como la separación de los rodillos.

7.3 Temperatura, humedad y actividad de agua

El vapor debe entregar calor y humedad suficientes para que el almidón se plastifique antes del aplastado. Temperatura baja o tiempo de residencia corto dejan un grano duro, con hojuela gruesa y poco cambio real del almidón.

El exceso de humedad también perjudica: hojuelas que se pegan, más finos al secarse mal, deterioro y problemas de manejo. Por eso se controlan temperatura del

grano acondicionado, humedad y, cuando la planta lo mide, actividad de agua como indicador de agua disponible para deterioro.

- Definir rangos de temperatura de acondicionamiento.
- Controlar humedad de entrada y de salida del proceso.
- Evitar grano que salga “mojado” o, al contrario, apenas tibio.
- Registrar tendencias, no solo un dato aislado.

7.4 Densidad de hojuela: el indicador práctico

La densidad de la hojuela peso por unidad de volumen es la forma más usada en planta para saber si el rolado está suave, correcto o excesivo. Una densidad alta suele indicar hojuela gruesa y menor procesamiento. Una densidad demasiado baja puede indicar aplastado excesivo, más quiebre y más finos.

Cada corral o cada sistema define su objetivo. Lo indispensable es medirlo con método constante: mismo recipiente, mismo llenado, misma frecuencia, mismo criterio de lectura.

En la práctica: La densidad de la hojuela se mide; no se adivina. Si hoy “se ve bien” y mañana también, pero la densidad cambió, el proceso ya no es el mismo.

7.5 Ajuste de rodillos y generación de finos

La separación y el paralelismo de los rodillos determinan el grosor de la hojuela. Rodillos desgastados, desalineados o mal alimentados producen hojuelas irregulares: unas gruesas, otras reventadas, con exceso de finos.

- Verificar separación y paralelismo.
- Alimentar de forma uniforme a lo ancho de los rodillos.
- No forzar un aplastado extremo para “verse más procesado”.
- Vigilar el porcentaje de finos: más finos no significa mejor almidón disponible.

El exceso de finos empeora el manejo, puede alterar la fermentación ruminal si se descontrola y suele indicar que el proceso está fuera de ajuste o que el grano no llegó bien acondicionado.

7.6 Calidad del grano de entrada

El maíz quebrado, muy húmedo, muy seco, con impurezas o con granulometría muy variable no rolea igual. Un lote desuniforme produce hojuelas desuniformes. Por eso el rolado empieza en la recepción: humedad, quebrado e impurezas condicionan el resultado de los rodillos.

7.7 Control por turno

La rutina mínima incluye:

- Temperatura y aspecto del grano acondicionado.
- Densidad de hojuela a intervalos definidos.
- Observación de finos y de integridad de la hojuela.
- Amperaje, vibración y alimentación de los rodillos.
- Registro de ajustes y de cambios de lote de maíz.

Si la densidad se sale del rango, se ajusta y se vuelve a medir. No se deja “para el siguiente turno”.

7.8 Qué debe quedar claro en este capítulo

- El maíz rolado es una decisión nutricional, no solo un proceso de forma.
- Vapor, temperatura y humedad preparan el almidón; los rodillos lo expresan.
- La densidad de hojuela es el control práctico del proceso.
- Más aplastado no siempre es mejor: puede generar finos y desuniformidad.
- El grano de entrada condiciona el resultado.
- Lo que no se mide se vuelve costumbre, no control.

En la práctica: Mida densidad en cada turno y compare contra el objetivo de la planta.
El ojo ayuda; el número decide.

7.9 Puente al siguiente capítulo

Tanto el pellet como la hojuela salen calientes y con humedad. Si se almacenan así, se deterioran. El enfriado, el cribado y la adición post-pellet se desarrollan en el Capítulo 8.

CAPÍTULO 8. ENFRIADO, CRIBADO Y POST-PELLET

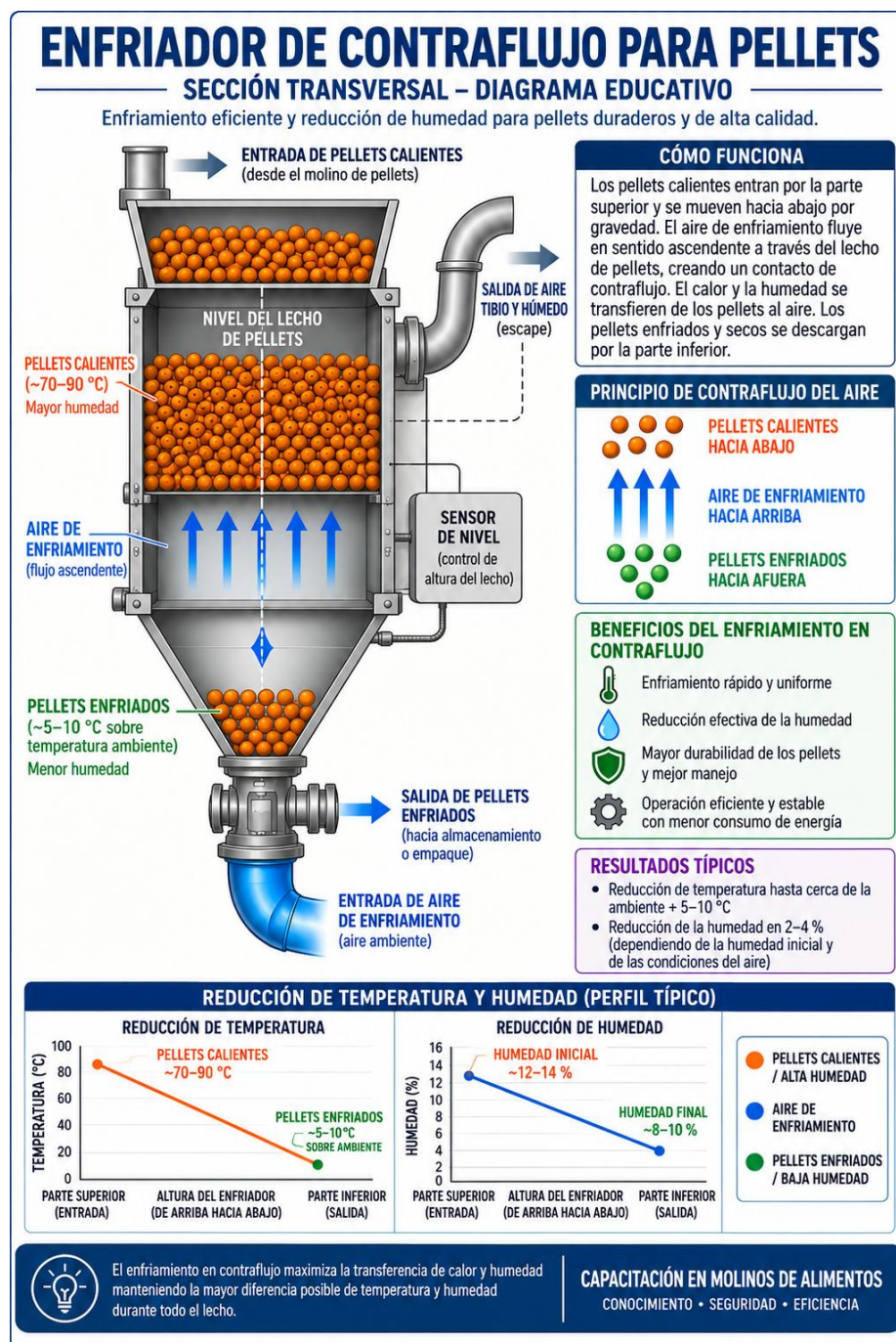


Figura 9. Enfriador de pellet de flujo contrario.

Aunque el pellet salga bien de la peletizadora, todavía se puede echar a perder. Lo mismo ocurre con la hojuela de maíz rolado. Ambos salen calientes y con humedad. Si se mandan así al silo, se forma condensación, se pegan, pierden calidad física y pueden crecer hongos.

Este capítulo explica por qué el enfriado es parte de la calidad, qué hace el cribado y cuándo conviene aplicar aditivos después del peletizado.

8.1 Por qué no se almacena caliente

El pellet recién formado arrastra el calor del acondicionamiento y de la fricción en la matriz. También arrastra humedad. En un silo cerrado, ese calor y esa humedad se redistribuyen: el vapor se condensa en paredes y en el propio alimento. El resultado puede ser apelmazamiento, finos posteriores, olores y deterioro.

Enfriar no es un adorno de línea. Es la operación que convierte un pellet “recién hecho” en un producto apto para guardar y despachar.

8.2 Qué debe lograr el enfriador

Un enfriado correcto busca dos metas al mismo tiempo:

- Bajar la temperatura del pellet hasta dejarla cerca de la temperatura ambiente.
- Dejar la humedad en un rango seguro de guarda.

Si solo se enfría por fuera y el centro sigue caliente, el problema se manifiesta más tarde en el silo. Si se extrae humedad de forma irregular, una parte del lote queda apta y otra no.

En muchos sistemas el equipo típico es un enfriador a contracorriente: el aire entra en sentido opuesto al flujo del pellet. Para que funcione, el lecho debe ser uniforme, las rejillas deben estar limpias y el tiempo de residencia debe alcanzar.

8.3 Variables que el operador debe vigilar

- Temperatura del pellet a la salida.
- Temperatura ambiente, para comparar el diferencial.
- Humedad del pellet a la salida.
- Altura o tiempo de lecho en el enfriador.
- Limpieza de rejillas y de ductos de aire.
- Finos que se generan o se reciclan en esta etapa.

Un pellet que sale “tibio aceptable” un día y “caliente” al siguiente no es una variación menor: es un desvío de proceso. Hay que preguntar si cambió el ritmo de producción, si hay rejillas tapadas o si el aire no está circulando.

En la práctica: *Enfriador sucio o mal regulado entrega pellet problemático, aunque la peletizadora haya trabajado bien.*

8.4 Cribado: quitar finos sin esconder el problema

El cribado separa pellet entero de finos. Eso mejora presentación, manejo y, en muchos casos, aceptación del cliente. Pero el cribado no debe usarse como compensación permanente de un peletizado deficiente.

Si siempre hay muchos finos, el problema está antes: vapor, matriz, holgura, granulometría o fórmula. Cribar alivia el síntoma; no corrige la causa. Los finos recuperados pueden reciclarse con criterio, no saturando de nuevo el proceso.

8.5 Aplicación post-pellet

Algunos ingredientes no resisten bien el calor del peletizado. Es el caso de ciertas enzimas, algunos probióticos y, en ocasiones, parte de la grasa o de sabores. Por eso se aplican después, sobre el pellet ya formado y, de preferencia, ya enfriado o en el punto de proceso definido por el procedimiento.

La aplicación post-pellet exige:

- Dosis correcta y equipo de aspersión en buen estado.
- Distribución uniforme sobre el flujo de pellet.
- Que el pellet no esté tan caliente como para destruir lo que se pretende proteger.
- Que no quede tan húmedo o grasoso como para apelmazar en silo.
- Registro de producto, lote y cantidad aplicada.

Aplicar “a ojo” un aditivo caro después del peletizado puede ser tan inútil como haberlo perdido en la matriz.

8.6 Relación con silos de terminado

El destino inmediato del pellet enfriado es el silo o el despacho. Si el enfriado falló, el silo de terminado hereda el problema: condensación, constructos, rechazos y reclamos. Por eso la liberación a silo debe considerar temperatura y humedad de salida, no solo que “ya salió pellet”.

8.7 Control por turno

La rutina mínima incluye:

- Medir temperatura de salida y compararla con el ambiente.
- Medir o estimar humedad de guarda.
- Observar finos en criba y calidad visual del pellet.
- Inspeccionar rejillas, ventiladores y acumulación de material.
- Verificar, si aplica, la dosificación post-pellet.
- Registrar si el lote es apto para silo o despacho.

8.8 Qué debe quedar claro en este capítulo

- Pellet o hojuela calientes no deben ir al silo.
- El enfriado baja temperatura y deja humedad segura.
- Rejillas sucias y lecho irregular arruinan un buen peletizado.
- El cribado mejora presentación; no sustituye corregir la causa de los finos.
- El post-pellet protege aditivos sensibles si se aplica con dosis y punto correctos.
- La liberación a silo es una decisión de calidad, no solo de flujo.

En la práctica: Antes de mandar a silo, toque y mida. Si el pellet sigue caliente o húmedo, no lo “resuelva” el almacén.

8.9 Puente al siguiente capítulo

Con el producto ya formado y estabilizado, la planta debe asegurar que sea seguro, identificable y trazable. La calidad e inocuidad se desarrollan en el Capítulo 9.

PARTE III

CALIDAD, ADITIVOS E INOCUIDAD

Capítulos 9 a 11 · Normas mexicanas · Fitobióticos y probióticos · Enzimas
y fitasa

CAPÍTULO 9. CALIDAD E INOCUIDAD



Figura 10. Micotoxinas: contaminación heterogénea y muestra compuesta.

Inocuidad quiere decir que el alimento no haga daño y no cargue peligros innecesarios: toxinas, residuos, confusiones de producto o contaminación cruzada. Calidad, en este manual, no es solo que el pellet “se vea bien”. Es que el alimento sea fiel a su fórmula, estable, identificable y seguro.

Este capítulo explica por qué la inocuidad se construye en toda la planta, qué normas mexicanas debe conocer el personal y cómo se controlan los alimentos medicados y la trazabilidad.

9.1 No es solo trabajo del laboratorio

El laboratorio confirma humedad, proteína, micotoxinas u otros parámetros. Eso es necesario, pero llega tarde si la recepción fue mala, si el silo se calentó, si la mezcla quedó desuniforme o si se despachó el producto equivocado.

La inocuidad se construye en:

- Recepción y muestreo.
- Almacenamiento y limpieza de silos.
- Dosificación y prevención de cruces.
- Proceso, enfriado y liberación.
- Identificación y despacho.
- Registros que permitan responder con rapidez.

Si esas etapas fallan, el análisis se convierte en un certificado de un problema que ya ocurrió.

9.2 Peligros que la planta debe tener presentes

- Peligros biológicos o de deterioro: hongos, calentamiento, humedad insegura.
- Peligros químicos: micotoxinas, residuos de medicamentos, contaminación por productos incompatibles.
- Peligros físicos: metal, piedras, plásticos u objetos extraños.
- Peligros de identidad: enviar o etiquetar un alimento como si fuera otro.

No todos se controlan igual. Las micotoxinas se previenen con muestreo y decisión de recepción. Los residuos de medicamento se previenen con secuencia, flush y limpieza. Los objetos extraños se previenen con imanes, mallas e inspección. El error de identidad se previene con verificación en despacho.

9.3 Marco normativo mexicano que el personal debe conocer

Este manual no sustituye el texto oficial de las normas. Sí traduce su sentido operativo para la planta:

- NOM-012-SAG/ZOO-2020: especificaciones para productos de uso o consumo animal.
- NOM-060-SAG/ZOO-2020: especificaciones zootécnicas relacionadas con harinas de origen animal.
- NOM-188-SSA1-2002: control de aflatoxinas en cereales.
- Buenas Prácticas de Manufactura orientadas por SENASICA.
- Ley Federal de Sanidad Animal y su Reglamento, como marco general.

Cumplir no es “juntar papeles para la auditoría”. Es proteger al animal, al cliente y a la propia operación. Los límites internos de la planta pueden ser iguales o más estrictos que los legales, nunca más holgados por comodidad.

9.4 Alimentos medicados

Cuando se fabrica un alimento con medicamento, el cuidado debe ser mayor. Un error de dosis, de secuencia o de despacho puede tener consecuencias sanitarias y comerciales graves.

El control mínimo incluye:

- Orden de fabricación clara: medicamento, dosis y destino.
- Identificación visible del producto como MEDICADO.
- Dosificación verificada.
- Secuencia que evite contaminar el lote siguiente.
- Flush o limpieza documentada después del lote.
- Doble verificación al liberar y al despachar.

- Retención de muestra cuando el procedimiento lo exija.

Nunca se debe pasar de un medicado a un no medicado “porque ya se vació la mezcladora”. El residual existe, aunque no se vea.

9.5 Trazabilidad

Trazabilidad es poder responder con rapidez:

- ¿Con qué materias primas se hizo este alimento?
- ¿Cuándo se fabricó y quién lo liberó?
- ¿A qué cliente o silo se envió?
- ¿Qué se hace si hay que retener o recuperar un lote?

Si esas preguntas no tienen respuesta en registros, cualquier reclamo se vuelve un caos. La trazabilidad no es un software por sí sola: es disciplina de identificación, de lotes y de documentos.

En la práctica: Si no queda registro, en la práctica no hubo control.

9.6 Liberación de lote

Un lote no debería salir solo porque “ya se produjo”. Debe existir un criterio de liberación: identidad del producto, revisión de proceso, resultados disponibles, etiquetado y destino. Cuando algo no cuadra humedad alta, medicado sin flush, documentos incompletos, se retiene. Retener a tiempo cuesta menos que corregir en granja.

9.7 No conformidades

Toda desviación relevante debe registrarse: qué ocurrió, cómo se contuvo, cuál fue la causa y qué se hará para que no se repita. Sin ese ciclo, la planta vuelve a tropezar con el mismo error con otro nombre.

9.8 Qué debe quedar claro en este capítulo

- Inocuidad se fabrica en toda la planta, no solo en el laboratorio.
- Hay que conocer y aplicar el marco normativo mexicano vigente.
- Los medicamentos exigen identificación, secuencia, flush y doble verificación.
- La trazabilidad permite responder quién, qué, cuándo y a quién.
- Un lote se libera con criterio, no por inercia.
- Lo que no se registra no se puede defender ni mejorar.

En la práctica: Antes de despachar, confirme producto, lote y documentos. El último minuto también es inocuidad.

9.9 Puente al siguiente capítulo

Además de cumplir e identificar, la planta usa aditivos para apoyar salud y desempeño. Fitobióticos, probióticos y prebióticos se desarrollan en el Capítulo 10.

CAPÍTULO 10 • FITOBIÓTICOS PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS

Aditivos que solo sirven si llegan activos al animal.

1. FITOBIÓTICOS



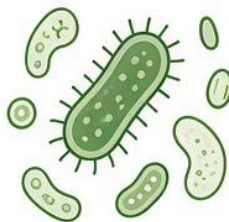
Aceites esenciales y compuestos naturales de plantas (orégano, canela y otras especies).

Actúan por dosis y volatilidad: se evaporan fácilmente con calor, tiempo y aire.



Dosis efectiva depende de la estabilidad térmica y de la retención en el proceso.

2. PROBIÓTICOS



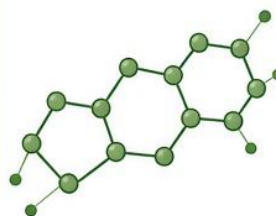
Microorganismos vivos que benefician la salud intestinal y el equilibrio de la microbiota.

Son sensibles al calor: el proceso de peletizado puede inactivarlos o matarlos.



El calor de peletizado ($\geq 70-80\text{ }^{\circ}\text{C}$) los mata o reduce su viabilidad.

3. PREBIÓTICOS



Fibra no digerible que alimenta y estimula el crecimiento de bacterias benéficas en el intestino.

No son vivos: su función depende de llegar al intestino para ser fermentados.



Son el alimento de las bacterias benéficas; promueven un intestino saludable.



IMPORTANTE: Los fitobióticos, probióticos y prebióticos no sustituyen higiene ni buena manufactura; validar estabilidad térmica.

Manual para plantas de alimentos balanceados · UACH 2026

Figura 11. Fitobióticos, probióticos y prebióticos

CAPÍTULO 10. FITOBIÓTICOS, PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS

Estos aditivos se usan para apoyar salud intestinal, respuesta del animal y desempeño. Pueden ayudar, pero no son mágicos. Si el producto no está bien definido, si la dosis es incorrecta o si el proceso los destruye, la planta paga un costo que no se traduce en resultado.

Este capítulo explica qué es cada grupo, cuándo tiene sentido usarlos y qué debe controlar la planta para que el aditivo llegue activo al comedero.

10.1 No acumular aditivos por moda

En formulación es tentador agregar “un poco de todo”. Eso encarece la dieta y dificulta saber qué funcionó. Antes de incorporar un fitobiótico, un probiótico o un prebiótico conviene responder:

- ¿Qué problema se quiere mejorar: consumo, conversión, consistencia de heces, desafíos digestivos, ¿palatabilidad?
- ¿En qué especie y etapa?
- ¿Cómo se va a medir el beneficio?
- ¿El proceso de planta permite que el aditivo llegue activo?

Sin esas respuestas, el aditivo se vuelve un gasto con narrativa, no una herramienta.

10.2 Fitobióticos y aceites esenciales

Los fitobióticos o fitogénicos provienen de plantas: extractos, aceites esenciales, oleorresinas u otras fracciones. Se usan para apoyar el ambiente digestivo, la palatabilidad o la respuesta del animal frente a desafíos.

Funcionan mejor cuando:

- El producto declara de forma clara sus activos o su estandarización.

- La dosis es la recomendada y se dosifica con precisión.
- El proceso no volatiliza ni degrada el principio activo de forma excesiva.
- Se evita la idea de que “cualquier extracto sirve igual”.

El calor, el tiempo de almacenamiento y la incompatibilidad con otros aditivos pueden reducir su efecto. Por eso no basta con verlos escritos en la fórmula: hay que protegerlos en la manufactura.

10.3 Probióticos

Los probióticos son microorganismos vivos que, administrados en cantidades adecuadas, pueden conferir un beneficio al animal. La palabra clave es vivos. Si mueren en el peletizado, en el silo o por humedad y calor, ya no cumplen su función.

Implicaciones de planta:

- Conocer la cepa o el tipo de producto, no solo la marca comercial.
- Revisar la estabilidad al calor. Muchas plantas prefieren Bacillus en forma de espora cuando hay peletizado caliente, porque resisten mejor que bacterias más sensibles.
- Cuidar temperatura de acondicionamiento o aplicar post-pellet si el producto lo requiere.
- Almacenar en seco, fresco y dentro de caducidad.
- Dosificar la concentración declarada, no “una palada más”.

Un probiótico inactivo es un costo. No es un seguro silencioso.

10.4 Prebióticos

Los prebióticos son ingredientes no digeribles que estimulan de forma selectiva microorganismos beneficiosos del tracto digestivo. No están “vivos”, pero tampoco son inocuos en cualquier dosis o en cualquier dieta.

Deben elegirse con un objetivo claro: apoyar la microbiota, la consistencia intestinal o la respuesta en etapas específicas. Acumular prebióticos sin criterio solo complica la fórmula y el costo.

10.5 Combinaciones y expectativas realistas

A veces se combinan fitobiótico, probiótico y prebiótico. Eso puede tener sentido si hay un diseño y una medición. No lo tiene si se mezclan para “cubrir todos los frentes” sin evaluar resultados en granja.

Estos aditivos no sustituyen:

- Buena recepción de materias primas.
- Control de micotoxinas.
- Mezclado uniforme.
- Agua y manejo adecuados en granja.
- Un programa sanitario coherente.

Son apoyo, no compensación de una planta o de una granja desordenada.

10.6 Qué debe controlar la planta

- Identidad del producto y lote.
- Dosis real contra dosis teórica.
- Punto de inclusión: mezcla, post-pellet u otro.
- Temperatura de proceso cuando el aditivo es sensible.
- Condiciones de almacén: humedad, calor, caducidad.
- Evidencia de que no se sustituyó “el que hubiera”.

10.7 Cómo saber si está funcionando

El beneficio no se declara: se observa. Según el objetivo, pueden revisarse conversión, uniformidad, consumo, mortalidad asociada a desafíos digestivos o criterios definidos con el cliente. Si después de un periodo razonable no hay señal, hay que cuestionar producto, dosis, proceso o la necesidad misma del aditivo.

En la práctica: Antes de agregar otro aditivo, pregunte: ¿qué problema quiero resolver y cómo voy a medir si funcionó?

10.8 Qué debe quedar claro en este capítulo

- Fitobióticos, probióticos y prebióticos pueden ayudar; no son mágicos.

- El producto debe estar definido y dosificado con precisión.
- Los probióticos vivos mueren con calor y mal almacenamiento.
- El proceso de planta puede conservar o destruir el aditivo.
- Hay que medir el beneficio, no solo incluir el costo.
- No se deben usar para tapar fallas de recepción, mezcla o inocuidad.

10.9 Puente al siguiente capítulo

Entre los aditivos de mayor impacto económico en monogástricos está la fitasa. Las enzimas, su matriz y el efecto del calor de peletizado se desarrollan en el Capítulo 11.

CAPÍTULO 11. ENZIMAS Y FITASA



Figura 12. Fitasa: fósforo, calor de peletizado y relación Ca:P.

Las enzimas ayudan al animal a aprovechar mejor algunos nutrientes que de otro modo se quedarían poco disponibles. Entre ellas, la fitasa es una de las más usadas y de mayor impacto en costo en dietas de aves y cerdos. Bien aplicada, permite liberar fósforo del grano y reducir fósforo mineral. Mal aplicada, genera un ahorro solo en el papel y un déficit real en el comedero.

Este capítulo explica qué hace la fitasa, por qué el calor del peletizado importa, cómo se usa la matriz nutricional y cómo validar en campo que el beneficio es real.

11.1 Qué hace una enzima en el alimento

Una enzima es una proteína que acelera una reacción específica. En nutrición animal se agregan enzimas exógenas para complementar lo que el animal no produce en cantidad suficiente o para mejorar el aprovechamiento de ingredientes vegetales.

Las más comunes incluyen:

- Fitasa: libera fósforo del fitato.
- Carbohidrasas: actúan sobre fibras y polisacáridos no amiláceos.
- Proteasas: apoyan la digestión de proteína.

Cada una tiene un objetivo distinto. Este capítulo se centra en la fitasa por su peso económico y por su sensibilidad al proceso de planta.

11.2 Fitato y fósforo del grano

En cereales y oleaginosas una parte importante del fósforo está en forma de fitato o ácido fítico. Los monogástricos lo aprovechan mal sin ayuda. Ese fósforo “amarrado” no solo se desperdicia: el fitato también puede reducir la disponibilidad de otros minerales y afectar la digestión.

La fitasa hidroliza el fitato y libera fósforo y en cierta medida otros nutrientes asociados. Gracias a eso, el formulador puede bajar la inclusión de fósforo inorgánico y reducir costo, siempre que la enzima llegue activa al animal.

11.3 La matriz nutricional

La matriz es el conjunto de valores de nutrientes que se asignan a la fitasa en la fórmula: fósforo disponible, a veces calcio, energía u otros. Es una herramienta de formulación, no una garantía automática.

Usar matriz implica dos responsabilidades:

- Aplicar los valores del proveedor de forma coherente con la dosis real.
- Asegurar que el proceso de planta no destruya la actividad que esos valores asumen.

Si se baja el fósforo mineral con una matriz agresiva y luego el peletizado inactiva la enzima, el animal recibe menos fósforo del calculado. El “ahorro” se convierte en riesgo de conversión, mineralización y problemas de patas.

11.4 El calor del peletizado y la actividad residual

La fitasa es sensible al calor. Temperaturas altas de acondicionamiento y tiempos prolongados pueden reducir su actividad. El grado de pérdida depende del producto, de la protección tecnológica del aditivo, de la humedad y del perfil térmico real del proceso.

Por eso la planta debe:

- Conocer el rango de temperatura compatible con la enzima usada.
- Medir y sostener la temperatura de acondicionamiento.
- Evitar la lógica de “más calor siempre es mejor pellet”.
- Considerar aplicación post-pellet cuando el producto y el procedimiento lo permitan.

Una enzima bien dosificada en la fórmula y maltratada en la peletizadora no existe para el animal.

11.5 Calcio y fósforo van juntos

No basta con liberar fósforo. El calcio también debe ajustarse. Un exceso de calcio puede reducir la eficacia de la fitasa y desbalancear la relación Ca:P. Por eso, cuando se aplica matriz de fitasa, el formulador y la planta deben trabajar el paquete completo: fósforo, calcio y relación entre ambos.

11.6 Dosificación correcta en planta

Errores frecuentes:

- Sustituir una fitasa por otra sin ajustar matriz ni dosis.
- Dosificar de menos por miedo de costo o por falla de microdosificación.
- Dosificar de más “por seguridad” sin validar beneficio.
- Perder el aditivo por residuales, mala secuencia o almacenamiento inadecuado.

La fitasa debe tratarse como microingrediente crítico: identidad, lote, dosis y punto de inclusión bajo control.

11.7 Cómo validar que sí está funcionando

El ahorro formulado solo es real si el desempeño se sostiene. La validación práctica combina planta y granja:

- Confirmar enzima, dosis y temperatura de proceso.
- Verificar que el calcio se ajustó con la matriz.
- Seguir conversión alimenticia y uniformidad.
- Observar señales de problemas de patas o mineralización.
- Comparar periodos o lotes con y sin el esquema validado.

Si la conversión empeora o aparecen problemas óseos después de “ahorrar fósforo”, hay que revisar matriz, dosis y peletizado antes de culpar solo a la granja.

En la práctica: El ahorro de fitasa solo es real si el animal sigue rindiendo bien.

11.8 Otras enzimas: criterio breve

Carbohidrasas y proteasas pueden aportar valor en dietas con más fibra o con desafíos de proteína, pero siguen la misma lógica: objetivo claro, dosis correcta, estabilidad al proceso y medición del beneficio. Sin eso, se convierten en costo decorativo.

11.9 Qué debe quedar claro en este capítulo

- La fitasa libera fósforo del fitato y puede reducir fósforo mineral.
- La matriz es una herramienta de formulación que exige proceso fiel.
- El calor de peletizado puede inactivar la enzima.
- Calcio y fósforo deben ajustarse juntos.
- La dosificación de micros debe ser precisa.
- El beneficio se valida en campo, no solo en la fórmula impresa.

En la práctica: Antes de bajar más fósforo mineral, confirme temperatura de acondicionamiento y actividad esperada de la enzima que realmente está usando.

11.10 Puente al siguiente capítulo

Con el alimento ya formulado, procesado y con aditivos no se puede descargar, falta cuidarlo hasta el cliente. Almacenamiento de terminado y despacho se desarrollan en el Capítulo 12.

PARTE IV

ALMACENAMIENTO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

Capítulos 12 a 14 · Despacho · Mantenimiento · LOTO y espacios confinados

CAPÍTULO 12. ALMACENAMIENTO Y DESPACHO

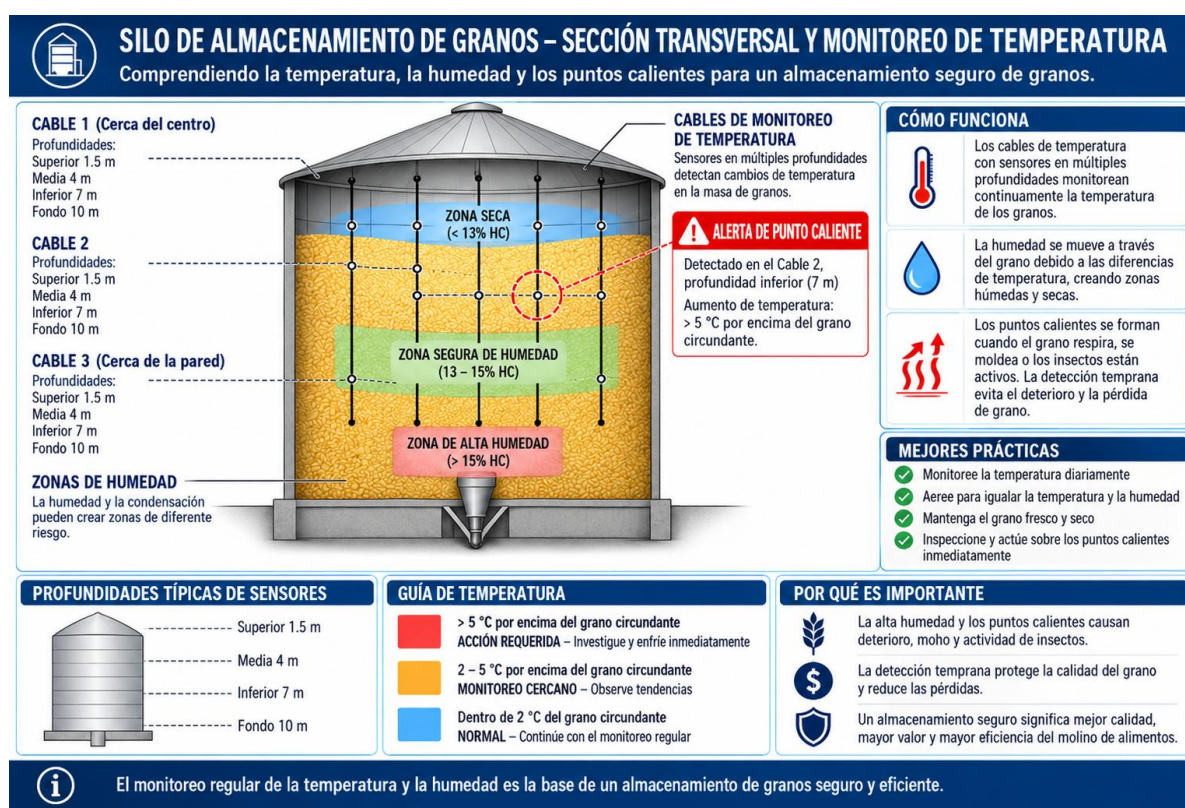


Figura 13. Silo: control de temperatura, humedad y residual.

Cuando el alimento ya está fabricado, todavía se puede arruinar o mandar mal. Un buen lote bien dosificado, bien peletizado y bien enfriado puede perderse en un silo húmedo, en una demora excesiva, en una confusión de identidad o en una carga sin verificación. El almacenamiento y el despacho no son trámites de patio: son la **última línea de defensa** de la calidad y de la inocuidad.

Este capítulo desarrolla con más detalle cómo cuidar el producto terminado, por qué la rotación importa, qué condiciones debe cumplir el pellet antes de entrar a silo, cómo verificar un camión, qué errores de despacho son más costosos y cómo cerrar la trazabilidad hasta el cliente.

12.1 El silo de terminado también es parte del proceso

Es un error frecuente creer que el proceso termina en la peletizadora o en el enfriador. En el silo de producto terminado el alimento sigue expuesto a riesgos: condensación, apelmazamiento, contaminación con residuales previos, ingreso de humedad, plagas y envejecimiento. Un silo mal gestionado convierte un lote correcto en un reclamo diferido.

Por eso el silo de terminado debe tratarse con el mismo rigor que un silo de materia prima:

- Debe estar **limpio y liberado** antes de recibir un producto distinto, sobre todo si el anterior fue medicado.
- Debe estar **seco**: filtraciones, techos dañados o condensación invalidan el esfuerzo de enfriado.
- Debe estar **identificado** con claridad: producto y, cuando aplique, lote.
- No debe usarse como depósito indefinido sin criterio de salida.
- Debe **inspeccionarse** con frecuencia para detectar constructos, olores, calor o residuales.

Si el silo conserva residuales de una fórmula anterior, el cruce no siempre se ve a simple vista. En medicados, ese residual puede ser suficiente para contaminar el siguiente lote y generar un problema sanitario y comercial.

12.2 FIFO: primero en entrar, primero en salir

La rotación correcta evita que un lote se envejezca detrás de otros más nuevos. El principio FIFO es simple de explicar y difícil de sostener cuando la operación prioriza la comodidad de carga o cuando los silos están mal asignados.

Un alimento viejo no siempre se ve mal al inicio. Puede haber perdido frescura, parte de la actividad de aditivos sensibles, o simplemente generar dudas en el cliente por fecha o por aspecto. La disciplina de rotación es **calidad diferida**: no se nota el día que se cumple; se nota el día que se incumple.

Para aplicar FIFO de verdad hace falta:

- Asignar silos con lógica de entrada y salida.
- Registrar fecha de ingreso del lote al silo.
- Priorizar la salida del lote más antiguo compatible con el pedido.
- Evitar “silos eternos” donde queda material olvidado.
- Coordinar producción y despacho para no fabricar de más sin destino claro.

12.3 Condiciones de guarda del pellet

El pellet debe llegar al silo **ya enfriado** y con **humedad segura**. Si se almacena caliente o húmedo, el problema se manifiesta después: constructos, finos, olores, rechazo en granja. El enfriado del Capítulo 8 no sirve de nada si el criterio de liberación a silo se ignora por prisa.

Condiciones mínimas de guarda:

- Temperatura del pellet cercana a la del ambiente.
- Humedad en rango seguro para almacenamiento.
- Ausencia de condensación visible en paredes o en el propio alimento.
- Silo limpio, seco e identificado.
- Tiempo de residencia razonable: no acumular sin necesidad.

Además, conviene evitar mezclar en el mismo silo productos incompatibles, dejar abiertas bocas o tapas que permitan entrada de agua y plagas, e ignorar signos de calentamiento o apelmazamiento. Un silo que “siempre se pone duro en el cono” no es una peculiaridad del clima: es una señal de proceso o de guarda que hay que investigar.

12.4 Despacho: el último control de la cadena

El despacho es el momento en que el error se vuelve externo. Ya no se corrige en la siguiente tolva: se corrige con reclamo, devolución, reposición o pérdida de confianza. Por eso debe existir una verificación formal, aunque sea breve, antes de autorizar la carga.

Antes de cargar debe confirmarse:

- Cliente y pedido correctos.
- Producto y presentación correctos (no “parecidos”).
- Lote y silo de origen correctos.
- Peso solicitado y peso real.
- Documentos de remisión, factura o guía según procedimiento.
- Estado del camión: limpieza, ausencia de residuos incompatibles, lonas y cierres.

- En medicamentos: verificación reforzada de identidad, dosis declarada y destino.

En la práctica: *Un camión mal cargado echa a perder un buen lote. El último minuto también es calidad.*

La prisa del patio no justifica omitir la lista. Diez segundos de confirmación en voz alta cliente, producto, silo, peso previenen reclamos que pueden durar días.

12.5 Camión y contaminación en el transporte

El vehículo forma parte de la cadena de inocuidad. Un camión que trae residuales de otro alimento, de fertilizante, de químico, de basura o de un producto incompatible puede contaminar todo lo cargado. La inspección visual de la tolva, de las paredes y del piso, y cuando corresponda el lavado o el rechazo del vehículo, son parte del control de despacho.

También importa la protección en tránsito:

- Lonas y cierres en buen estado.
- Evitar que el pellet se moje con lluvia.
- Evitar contaminación por polvo de camino o por contacto con materiales ajenos.
- No usar el mismo equipo de carga para productos incompatibles sin limpieza.

Si el cliente recibe alimento manchado, húmedo o con olor extraño, la planta puede haber fabricado bien y aun así perder el lote en el transporte.

12.6 Alimentos medicados en almacenamiento y despacho

Los medicamentos exigen un nivel de control superior en esta etapa. Un error de identidad o de destino puede tener consecuencias sanitarias y regulatorias graves.

- Identificar el silo y el producto como **MEDICADO** de forma visible.
- No compartir silo con un no medicado sin limpieza y liberación documentada.

- Verificar **dos veces** producto, lote y cliente al despachar.
- Conservar evidencia de flush o limpieza si el silo o la línea se usarán después para otro producto.
- Entregar documentos que dejen claro el carácter medicado del alimento.

La tentación de “sacar rápido porque el camión ya está” es especialmente peligrosa con medicados. Aquí la verificación no es opcional.

12.7 Muestra de retención

Cuando el procedimiento lo exige, se toma una muestra de retención del lote despachado. Esa muestra permite contrastar reclamos, defender la calidad del lote o detectar un desvío real. Debe identificarse con fecha, producto, lote, cliente y responsable, y conservarse el tiempo definido por la planta.

Una muestra mal etiquetada o guardada sin orden no sirve. La retención es evidencia; si no se puede localizar o interpretar, es papel sin valor.

12.8 Errores típicos de despacho y cómo prevenirlos

Error	Prevención
Cargar el silo equivocado	Verificar silo contra orden de carga
Enviar un producto “parecido”	Leer nombre completo, no solo “el de pollo”
Omitir identificación de medicado	Checklist específico
Despachar sin documentos	No liberar camión sin papeles
No verificar peso	Confrontar pedido, báscula y remisión
Usar camión sucio	Inspección previa obligatoria

Casi todos estos errores se previenen con una lista corta, usada de verdad, y con la regla de **no firmar de prisa**.

12.9 Trazabilidad hasta el cliente

El despacho cierra el eslabón de trazabilidad hacia adelante. Debe quedar registrado qué lote salió, a quién, cuándo, en qué vehículo y con qué documentos. Si mañana hay un reclamo o un retiro, esa información es la diferencia entre responder en minutos o improvisar en horas.

La trazabilidad útil responde con rapidez:

- ¿Qué se fabricó?
- ¿Con qué materias primas y en qué condiciones?
- ¿A qué silo fue?
- ¿A qué cliente salió y con qué documentos?
- ¿Qué muestra de retención existe?

Sin esos eslabones, la planta puede tener buena intención y mala capacidad de respuesta.

12.10 Coordinación entre producción, calidad y patio

El almacenamiento y el despacho fallan cuando cada área trabaja aislada. Producción libera un lote; calidad verifica; patio carga. Si no comparten la misma información de silo, lote y restricciones (por ejemplo, “no despachar hasta enfriar” o “medicado: solo cliente X”), el error aparece en la báscula de salida.

Una reunión breve de inicio de turno o un tablero visible de silos ocupados, producto y estado de liberación reduce confusiones más que un procedimiento largo que nadie consulta.

12.11 Qué debe quedar claro en este capítulo

- El silo de terminado puede conservar o arruinar el alimento.
- FIFO evita envejecimiento y pérdida de frescura.
- Solo debe almacenarse pellet enfriado y con humedad segura.
- El despacho exige verificación de producto, lote, peso, camión y documentos.
- Los medicados requieren identificación visible y doble control.
- La muestra de retención y los registros cierran la trazabilidad.
- La prisa del patio no justifica omitir la lista de verificación.

En la práctica: Antes de autorizar la salida, lea en voz alta: cliente, producto, silo y peso. Esa pausa de diez segundos evita reclamos de diez días.

12.12 Puente al siguiente capítulo

Para sostener recepción, proceso, almacenamiento y despacho con regularidad, los equipos deben estar en condición. El mantenimiento se desarrolla en el Capítulo 13.

CAPÍTULO 13. MANTENIMIENTO

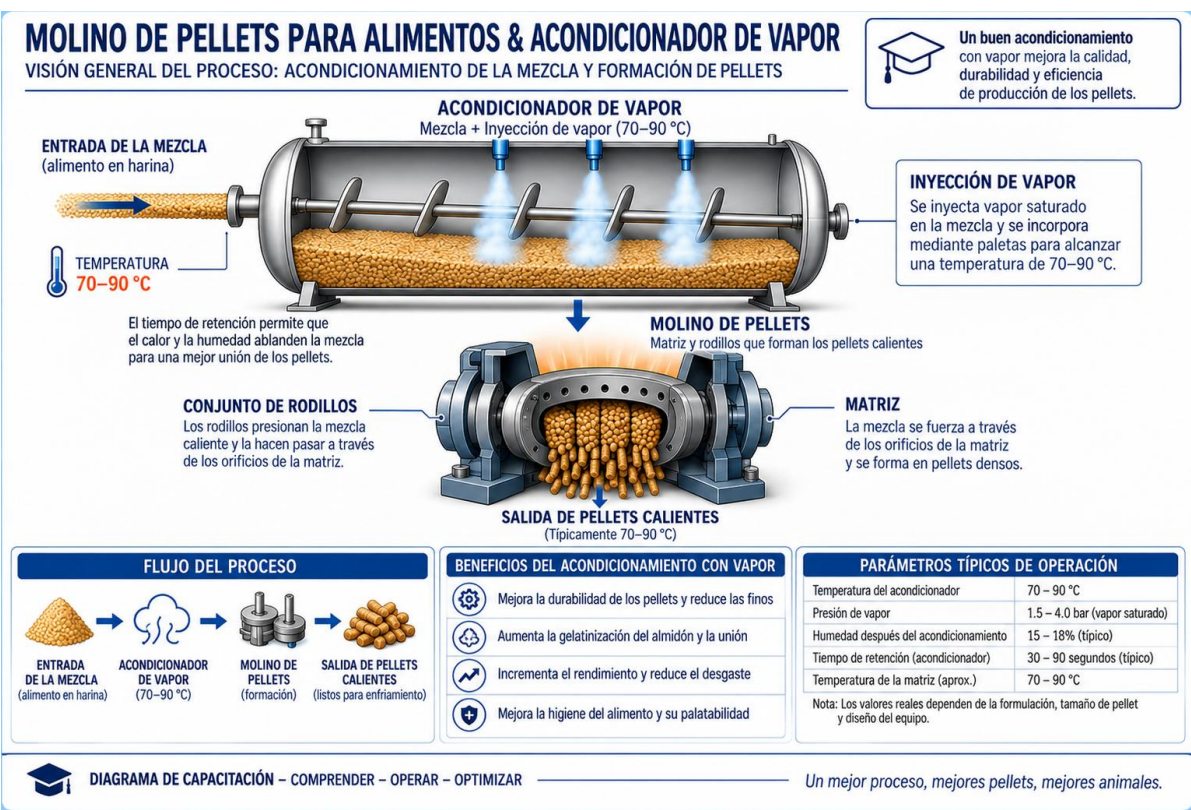


Figura 14. Mantenimiento de peletizadora.

Un equipo desajustado no solo se va a descomponer después. Desde hoy puede estar fabricando peor: más finos, más gasto de energía, mezcla irregular, vapor deficiente o enfriado incompleto. El mantenimiento no es un gasto aparte de la calidad: es una de las formas más directas de sostenerla.

Este capítulo desarrolla con más argumentos por qué el mantenimiento preventivo importa en una planta de alimentos balanceados, qué equipos son críticos para la nutrición entregada, cómo organizar un plan realista y qué registros permiten aprender en lugar de solo reparar.

13.1 Mantenimiento es calidad en tiempo real

Cuando la peletizadora trabaja con matriz gastada, el alimento **ya** sale con más finos. Cuando la mezcladora tiene listones desgastados, la uniformidad **ya** falló. Cuando un purgador no drena, el vapor **ya** llegó mal al acondicionador. Esperar a la falla total es aceptar turnos enteros de producto fuera de estándar.

En una planta de alimentos, el mantenimiento no solo protege el activo: **protege la fórmula**. Cada desvío de equipo se traduce en desvío nutricional, físico o de inocuidad. Por eso producción, calidad y mantenimiento deben compartir el mismo tablero de prioridades.

Argumento práctico: el costo de cambiar una matriz a tiempo suele ser menor que el costo de varios lotes con exceso de finos, reclamos y reproceso. El mantenimiento oportuno es inversión en consistencia.

13.2 Preventivo, correctivo y predictivo

- **Preventivo:** se hace con base en tiempo, horas de uso o plan, antes de que falle.
- **Correctivo:** se hace cuando ya falló; suele ser más caro, más disruptivo y más improvisado.

- **Predictivo:** usa señales de desgaste, vibración, temperatura, amperaje o consumo para intervenir a tiempo.

La planta madura reduce el correctivo de emergencia y aumenta el preventivo disciplinado. El correctivo nunca desaparece del todo, pero cuando se convierte en la forma habitual de trabajar, la calidad se vuelve accidental: depende de que el equipo “aguante el turno”.

El predictivo no exige tecnología sofisticada en todos los casos. A veces basta con registrar amperaje anormal, ruido nuevo, holgura excesiva o vida real de martillos y matrices para anticipar el cambio.

13.3 Equipos críticos para la calidad del alimento

No todos los equipos impactan igual la nutrición entregada. Conviene priorizar aquellos cuya falla se siente de inmediato en el producto:

- **Molino:** cribas, martillos, aspiración y balance. Una criba rota cambia la granulometría sin aviso.
- **Básculas y dosificadores:** calibración y respuesta. Sin peso confiable, la fórmula se rompe en origen.
- **Mezcladora:** listones, sellos, tiempos y residuales. El desgaste genera desuniformidad.
- **Sistema de vapor:** trampas, purgadores, aislamiento y fugas. El vapor malo arruina el acondicionamiento.
- **Peletizadora:** matriz, rodillos, holgura, lubricación y amperaje. Define finos, capacidad y estabilidad del pellet.
- **Enfriador:** rejillas, ventiladores y sensores. Un enfriado deficiente hereda problemas al silo.
- **Elevadores, tornillos y válvulas:** fugas, residuales e identificación. Afectan merma, polvo y cruces.

Estos equipos no pueden quedar al final de la lista de mantenimiento “cuando haya tiempo”. Son parte del sistema de calidad.

13.4 Plan por turno, semanal y por horas

Una estructura simple funciona mejor que un plan imposible de cumplir:

- **Por turno:** ruidos, amperaje, fugas, calidad de pellet, alarmas, aspiración.
- **Semanal:** inspecciones visuales, lubricación programada, limpieza de puntos críticos, revisión de purgadores.
- **Por horas de uso:** cambio de martillos, matriz, rodillos, revisiones mayores y calibraciones.

Lo importante es que el plan se **ejecute y se registre**, no que exista solo en una carpeta. Un checklist breve usado todos los días vale más que un programa anual que nadie actualiza.

La coordinación con producción es esencial. Un paro programado de una hora para cambiar matriz suele costar menos que tres turnos con finos elevados y reclamos.

13.5 Peletizadora: el equipo que más se siente en el alimento

Matriz y rodillos definen finos, capacidad y consumo energético. Holgura mal ajustada o lubricación omitida aceleran el desgaste y degradan el pellet. Registrar vida de matriz y causa de cambio permite aprender; cambiar “cuando ya no da” sin dato es improvisar.

- Inspeccionar orificios tapados, desgaste irregular y ovalamiento.
- Verificar holgura rodillo matriz según procedimiento.
- Lubricar en los intervalos definidos.
- Registrar toneladas o horas por matriz y motivo de retiro.
- Correlacionar finos y amperaje con el estado del conjunto.

Cuando los finos suben y el amperaje también, muchas veces el problema no es “la fórmula del día”: es el estado del equipo.

13.6 Vapor y utilidades: el mantenimiento invisible

Purgadores, trampas y fugas condicionan el acondicionamiento. Un sistema de vapor descuidado obliga a la peletizadora a trabajar peor y puede mojar o sobrecalentar de forma irregular. El operador siente el síntoma en el pellet; la causa puede estar en la línea de vapor.

Por eso el plan de mantenimiento debe incluir **utilidades**, no solo “máquinas de proceso”. Aislamiento dañado, purgadores ahogados y fugas crónicas son pérdidas de energía y de calidad al mismo tiempo.

13.7 Molino, mezcladora y dosificación

En el molino, martillos desbalanceados o cribas dañadas cambian el tamaño de partícula y aumentan polvo y consumo. En la mezcladora, listones gastados o sobrecarga crónica reducen uniformidad. En las básculas, la falta de verificación convierte la dosificación en una estimación.

Cada uno de estos desvíos se puede detectar **antes** de la falla catastrófica si hay inspección y registro. El argumento es el mismo: el alimento ya está mal antes de que el equipo se detenga.

13.8 Seguridad en el mantenimiento

Toda intervención debe respetar **LOTO**, permisos de trabajo y, en silos o fosas, control de espacios confinados. Un mantenimiento hecho sin bloqueo de energías puede costar mucho más que un paro programado.

La prisa por “arreglar rápido y seguir produciendo” es una de las causas más frecuentes de incidentes. El mantenimiento seguro no es burocracia: es la condición para que quien interviene regrese a casa.

13.9 Refacciones, vida útil y aprendizaje

Sin registro de vida útil, la planta compra de emergencia, sobreestockea o se queda sin pieza crítica. Con registro, puede anticipar compras, comparar proveedores y detectar si una matriz “dura poco” por mala operación, por holgura incorrecta o por calidad de la refacción.

- Fecha, equipo y tipo de intervención.
- Horas de uso o toneladas procesadas.
- Hallazgo, refacción y responsable.
- Causa de falla cuando sea correctivo.
- Vida útil observada de matrices, martillos y rodillos.

***En la práctica:** Si un equipo “siempre falla igual”, el registro debe llevar a eliminar la causa, no solo a cambiar la pieza otra vez.*

13.10 Indicadores simples de mantenimiento

No hace falta un software complejo para empezar. Indicadores útiles incluyen:

- Porcentaje de paros no planeados.
- Horas de mantenimiento correctivo frente a preventivo.
- Vida media de matrices y martillos.
- Número de fugas de vapor o de aire abiertas.
- Finos o desvíos de proceso asociados a estado de equipo.

Estos números conectan mantenimiento con calidad y permiten priorizar con evidencia.

13.11 Qué debe quedar claro en este capítulo

- El mantenimiento mal hecho degrada el alimento **desde hoy**, no solo cuando el equipo se para.

- Priorice molino, dosificación, mezcladora, vapor, peletizadora y enfriador.
- Combine revisiones por turno con plan semanal y por horas de uso.
- Registre vida de refacciones críticas y causas de falla.
- Nunca mantenga sin LOTO ni permisos.
- Menos emergencia y más preventivo es más calidad y menos costo total.

En la práctica: Un paro programado para mantener bien suele ser más barato que un turno completo fabricando mal.

13.12 Puente al siguiente capítulo

El mantenimiento se cruza con la prevención de accidentes. La seguridad operativa se desarrolla en el Capítulo 14.

CAPÍTULO 14. SEGURIDAD

SEGURIDAD EN EL MOLINO DE ALIMENTOS

TRABAJA SEGURO, PROTEGE TU VIDA Y LA DE TUS COMPAÑEROS.

LA SEGURIDAD ES NUESTRA PRIORIDAD.

1. ESPACIOS CONFINADOS – SILO
PELIGRO INVISIBLE, RIESGO REAL

- Atmósfera tóxica o con falta de oxígeno.
- Riesgo de asfixia o intoxicación.
- Sigue el procedimiento de entrada.
- USA: ventilación, monitoreo de gases, arnés y acompañante.

¡ATENCIÓN!

PIENSA ANTES DE ENTRAR.
TU VIDA DEPENDE DE ELLO.

2. LOTO – BLOQUEO Y ETIQUETADO
CONTROL A LA ENERGÍA, PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

- Bloquea las fuentes de energía.
- Coloca tu candado y etiqueta.
- Asegúrate de que la máquina esté sin energía.
- No remuevas candados ni etiquetas de otros.

¡NO TOQUES!

BLOQUEADO
NO ACCIONAR

PASOS CLAVE:

- 1 IDENTIFICA
- 2 BLOQUEA
- 3 ETIQUETA
- 4 VERIFICA
- 5 TRABAJA SEGURO

3. RIESGO DE EXPLOSIÓN POR POLVO
EL POLVO DE ALIMENTO PUEDE EXPLOTAR

- El polvo en suspensión es combustible.
- Evita acumulación de polvo.
- Controla fuentes de ignición: chispas, calor, electricidad, fumar.
- Limpia y mantén áreas seguras.

BUENA LIMPIEZA
HOY, PREVIENE
EXPLOSIONES
MAÑANA

PROHIBIDO FUMAR / Y FUENTES DE IGNICIÓN

5. QUEMADURAS POR VAPOR
EL VAPOR PUEDE CAUSAR DAÑOS GRAVES

- El vapor y las tuberías calientes pueden quemar severamente.
- Verifica temperaturas y presiones.
- No abras líneas o válvulas sin autorización.
- Usa EPP adecuado y mantén distancia.

¡RESPECTA LAS DISTANCIAS Y PROCEDIMIENTOS!

4. EPP – EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
USALO SIEMPRE, PROTÉGETE SIEMPRE

CASCO
Protege tu cabeza de impactos y caídas.

GUANTES
Protegen tus manos de cortes, abrasión y químicos.

MÁSCARA / RESPIRATORIA
Protege tus pulmones del polvo y gases.

PROTECCIÓN ADICIONAL
Gafas, protección auditiva y calzado de seguridad según el área.

INSPECCIONA TU EPP ANTES DE USARLO. SI ESTÁ DAÑADO, CAMBIALO.

LA SEGURIDAD ES RESPONSABILIDAD DE TODOS.

OBSERVA • PIENSA • ACTÚA SEGURO
REPORTA CONDICIONES INSEGURAS • SIGUE LOS PROCEDIMIENTOS

CUIDAMOS DE TI, CUIDA DE LOS DEMÁS.

¿EMERGENCIA? COMUNÍCATE AL: EXT. 123

Figura 15. Seguridad en planta: LOTO, espacios confinados, polvo y vapor.



SEGURIDAD EN MOLINOS DE ALIMENTOS

BLOQUEO / ETIQUETADO (LOTO) Y CONCIENCIA DE EXPLOSIÓN DE POLVO

PRÁCTICAS SEGURAS DE TRABAJO MANTIENEN A LAS PERSONAS SEGURAS Y LAS OPERACIONES EN MARCHA.



LA SEGURIDAD PRIMERO

PROCEDIMIENTO LOTO (6 PASOS)

- 1. PREPARE**
Notifique a los empleados afectados y prepare el equipo.
- 2. APAGUE**
Apague el equipo usando el procedimiento adecuado.
- 3. AISLE**
Aísle todas las fuentes de energía (eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, etc.).
- 4. BLOQUEE / ETIQUETE**
Coloque los dispositivos de bloqueo y las etiquetas (LOTO).
- 5. LIBERE LA ENERGÍA ALMACENADA**
Verifique y libere toda la energía almacenada (capacitores, resortes, presión, gravedad, etc.).
- 6. VERIFIQUE ENERGÍA CERO**
Compruebe que el equipo esté aislado y que no pueda arrancar antes de comenzar a trabajar.



BLOQUEO / ETIQUETADO (LOTO) – POR QUÉ ES IMPORTANTE

- Evita arranques inesperados del equipo.
- Protege a los trabajadores de energías peligrosas.
- Es un requisito legal y una política del sitio.

CONCIENCIA DE EXPLOSIÓN DE POLVO

Polvo + Fuente de ignición + Oxígeno + Confinamiento = **RIESGO DE EXPLOSIÓN**

1. COMBUSTIBLE (POLVO)  Polvo de alimento, polvo de granos u otras partículas finas.	2. FUENTE DE IGNICIÓN  Chispas, superficies calientes, equipo eléctrico, electricidad estática, soldadura, etc.
3. OXÍGENO  Siempre presente en el aire.	4. CONFINAMIENTO  Polvo suspendido en espacios confinados (silos, tolvas, transportadores, cuartos) puede explotar.

CONTROLE EL POLVO. ELIMINE FUENTES DE IGNICIÓN. MANTÉNGASE ALERTA.

RECORDATORIOS DIARIOS

- ✓ Siga todos los procedimientos de bloqueo/etiquetado.
- ✓ Respete la señalización del sitio.
- ✓ Mantenga el área de trabajo limpia y ordenada.
- ✓ Reporte los riesgos de inmediato.

BUEN ORDEN Y LIMPIEZA PREVIENEN EXPLOSIONES



Mantenga bajos los niveles de polvo en pisos, bordes, equipo y dentro del equipo.

PIENSE EN LA SEGURIDAD. TRABAJE DE FORMA SEGURA. REGRESE A CASA.

LA SEGURIDAD ES RESPONSABILIDAD DE TODOS.

Figura 16 (continuación). Seguridad en planta: LOTO, espacios confinados y polvo combustible.

La seguridad no estorba a la producción: evita tragedias y paros mayores. En una planta de alimentos balanceados hay energías peligrosas, silos y fosas, vapor, equipos en movimiento y polvo combustible. Nada de eso se controla con suerte ni con la frase “siempre se ha hecho así”.

Este capítulo explica los riesgos más frecuentes, el sentido del LOTO, el ingreso a espacios confinados, la relación entre polvo y prevención, y por qué la seguridad forma parte del mismo sistema de calidad y operación.

14.1 Por qué la seguridad es parte de la operación

Un accidente grave detiene la planta, daña personas y destruye confianza. Además, muchas prácticas inseguras son las mismas que degradan la calidad: entrar a un silo sin control, improvisar un ajuste con el equipo energizado o dejar polvo acumulado cerca de focos de calor.

Producir bien y trabajar seguro no son caminos distintos. Son el mismo sistema visto con responsabilidad. Una planta que normaliza el riesgo también normaliza el desorden, la improvisación y la pérdida de control del proceso.

14.2 Riesgos típicos de la planta

- Atrapamiento o golpe por equipos en movimiento: mezcladoras, elevadores, tornillos, peletizadora, bandas.
- Energías no bloqueadas durante limpieza, ajuste o reparación.
- Caídas, aplastamiento o atmósferas peligrosas al entrar a silos y fosas.
- Quemaduras por vapor o superficies calientes.
- Polvo combustible y fuentes de ignición.
- Trabajos en caliente sin permiso ni limpieza previa.
- Ruido, polvo respirable y condiciones ergonómicas deficientes.
- Resbalones por derrames, grasa o material en pasillos.

Estos riesgos no son teóricos. Se repiten en plantas del sector cuando faltan hábitos, permisos y supervisión.

14.3 LOTO: bloquear y etiquetar antes de intervenir

LOTO significa bloquear y etiquetar las energías de un equipo antes de limpiarlo, ajustarlo o repararlo. No basta con “apagarlo”. Hay que aislar electricidad, aire, vapor u otras energías, verificar que no quede residual y colocar identificación visible.

- Identificar todas las fuentes de energía del equipo.
- Aislar, bloquear y etiquetar.
- Verificar que el equipo no pueda arrancar (prueba de cero energía).
- Mantener el bloqueo mientras dura el trabajo.
- Solo quien bloqueó debe autorizar la liberación, según procedimiento.

Intervenir “un segundo” con el equipo vivo es una de las causas más repetidas de lesiones graves. La prisa no justifica saltarse el bloqueo.

En la práctica: Si una tarea peligrosa “siempre se ha hecho así”, eso no la hace segura. Hay que corregirla.

14.4 Espacios confinados: silos y fosas

Entrar a un silo o a una fosa no es una limpieza rutinaria cualquiera. Puede haber deficiencia de oxígeno, gases, material que sepulta, paredes lisas y rescate difícil. El ingreso exige permiso, supervisión, medición de atmósfera cuando corresponda, equipo de protección y un plan de rescate.

Nadie debe bajar “solo un momento” sin control. El material puede desplomarse, el aire puede no ser respirable y el rescate improvisado suele agravar el incidente. La limpieza de silos es también una operación de seguridad, no solo de inocuidad.

14.5 Polvo combustible y trabajos en caliente

El polvo de grano y de alimento, acumulado y en suspensión, puede participar en incendios o explosiones si coincide con una fuente de ignición y con confinamiento. No hace falta memorizar un esquema complejo para actuar bien: cuanto más polvo hay y más focos de calor o chispa existen, más se acerca la planta a una condición peligrosa.

- Limpiar antes de un trabajo en caliente (soldar, cortar, esmerilar).
- Retirar o proteger material combustible cercano.
- Vigilar el área durante y después del trabajo.
- No improvisar chispas cerca de nubes o capas de polvo.
- Sellar fugas y aspirar puntos de generación de polvo.

El análisis formal de peligro de polvo (DHA) y herramientas como HAZOP complementan estas prácticas. Ninguna evaluación sustituye la limpieza y el sellado cotidianos.

14.6 Guardas, orden y hábitos de turno

Las guardas de equipos no se quitan “para trabajar más rápido”. Los pasillos se mantienen libres. Las fugas se reportan. El orden reduce resbalones, golpes y la tentación de improvisar. Un área sucia y saturada empuja a atajos.

El hábito de turno incluye: reportar guardas faltantes, no operar equipos sin protección, no saltar barandales y no dejar herramientas ni material en zonas de tránsito.

14.7 Reportes de casi accidentes

El casi accidente es información gratuita. Si alguien estuvo a punto de caer, de quedar atrapado o de recibir vapor, ese hecho debe reportarse y corregirse. Castigar el reporte enseña a callar; premiar la prevención enseña a anticipar.

Una planta que solo cuenta accidentes graves llega tarde. Una planta que analiza casi accidentes corrige causas antes de que haya lesión.

14.8 Relación con mantenimiento y calidad

Seguridad, mantenimiento y calidad se cruzan. Un LOTO bien hecho permite mantener sin improvisación. Un silo limpio con permiso reduce riesgo de contaminación y de accidente. Un área sin polvo mejora salud, inocuidad y prevención de incendio. Separar estos temas en departamentos aislados debilita los tres.

14.9 Qué debe quedar claro en este capítulo

- La seguridad protege personas y también sostiene la operación.
- LOTO es obligatorio antes de intervenir equipos.
- Silos y fosas son espacios confinados: requieren permiso y supervisión.
- El polvo acumulado es un riesgo, no una costumbre.
- Trabajos en caliente exigen limpieza previa y control.
- Los casi accidentes deben reportarse y cerrarse con acción.
- Producir bien y trabajar seguro son el mismo sistema.

En la práctica: Antes de tocar un equipo, pregunte: ¿está bloqueado? Antes de entrar a un silo, pregunte: ¿hay permiso y supervisión?

14.10 Puente al siguiente capítulo

Para sostener calidad, mantenimiento y seguridad hace falta medir lo crítico y actuar. Los indicadores de gestión se desarrollan en el Capítulo 15.

PARTE V

GESTIÓN

Indicadores de planta, tablero diario y mejora continua

CAPÍTULO 15. INDICADORES DE GESTIÓN



Figura 17. Tablero diario de indicadores de planta.

Si no se mide, solo quedan opiniones. Para mejorar de verdad, la planta necesita unos pocos números revisados con disciplina, asignados a un responsable y ligados a una acción cuando se desvían. Este capítulo cierra el manual con la idea de que nutrición, inocuidad, eficiencia y seguridad se gestionan como un solo sistema... y que ese sistema se sostiene midiendo lo crítico.

El propósito no es llenar pantallas de datos. Es elegir indicadores que expliquen cómo se fabricó el alimento, dónde se pierde valor y qué hay que corregir hoy.

15.1 Por qué medir en una planta de alimentos

Una planta puede producir muchas toneladas y, aun así, entregar alimento irregular, con exceso de finos, con enzimas dañadas, con errores de despacho o con paros frecuentes. El volumen no basta. Los indicadores sirven para ver lo que el ojo se acostumbra a no ver.

Medir bien permite:

- Detectar desvíos antes de que se conviertan en reclamo.
- Separar un problema de proceso de un problema de fórmula.
- Priorizar mantenimiento, limpieza y capacitación.
- Demostrar mejora con evidencia, no con percepción.
- Hablar el mismo idioma entre producción, calidad, mantenimiento y gerencia.

Un indicador sin acción es un adorno. Un tablero que nadie revisa no gestiona nada.

15.2 Pocos números, bien elegidos

La tentación es medirlo todo. Eso satura al turno y diluye lo importante. Conviene un conjunto corto, estable y comprensible para operadores y supervisión. Cada indicador debe tener:

- Definición clara (qué se mide y cómo).
- Frecuencia (por turno, diaria o semanal).
- Meta o rango.

- Responsable de capturar y de revisar.
- Qué se hace si se sale de rango.

15.3 Tablero mínimo recomendado

Un tablero diario útil, alineado con el flujo de este manual, puede incluir:

- Toneladas fabricadas y toneladas despachadas.
- Paros no planeados (número y minutos).
- Porcentaje de finos o calidad física del pellet.
- Temperatura de acondicionamiento (promedio y desvíos).
- Humedad y temperatura del pellet a la salida del enfriador.
- Humedad de recepción de granos fuera de rango (número de lotes).
- Errores de despacho o casi errores detectados a tiempo.
- Limpiezas de silo o de línea cumplidas versus programadas.
- Casi accidentes y condiciones inseguras reportadas.
- Consumo de energía o de vapor por tonelada, si el dato existe.

No todos los días habrán de analizarse los quince indicadores posibles. Sí deben verse, todos los días, los que explican si el alimento salió controlado.

15.4 Indicadores de proceso y de producto

Conviene distinguir dos familias:

- De proceso: temperatura de acondicionamiento, amperaje, densidad de hojuela, tiempo de mezclado, paros.
- De producto: finos, humedad de guarda, identidad del lote, errores de despacho, resultados de laboratorio cuando apliquen.

Los de proceso avisan temprano. Los de producto confirman el resultado. Si solo se mira el producto final, la corrección llega tarde. Si solo se mira el proceso, puede fabricarse “estable” un desvío mal definido.

15.5 Finos, temperatura y humedad: el trío que más explica

En muchas plantas, tres números resumen gran parte de la salud operativa del peletizado:

- Finos: síntoma de vapor, matriz, holgura, granulometría o enfriado.
- Temperatura de acondicionamiento: calidad de vapor y riesgo para enzimas.
- Humedad y temperatura a la salida del enfriador: aptitud de guarda.

Cuando estos tres están en rango, el alimento suele viajar mejor al silo y al cliente. Cuando uno se sale y no se investiga, el problema se arrastra turno tras turno.

15.6 Indicadores de inocuidad y despacho

La inocuidad también se mide, aunque no siempre con un análisis de laboratorio:

- Lotes retenidos o rechazados en recepción.
- Muestreos de micotoxinas realizados versus programados.
- Flush o limpiezas después de medicados.
- Silos liberados con registro.
- Errores de identidad en despacho.
- Muestras de retención tomadas y localizables.

Un mes sin errores de despacho no es casualidad si hay lista de verificación. Un mes con dos camiones equivocados es una falla de sistema, no de “un operador despistado”.

15.7 Indicadores de mantenimiento y seguridad

Mantenimiento y seguridad deben aparecer en el mismo tablero de gestión, no en carpetas aparte:

- Paros no planeados y causa principal.
- Relación entre horas preventivas y correctivas.
- Vida de matrices, martillos y rodillos.
- Fugas de vapor o de aire abiertas.
- Permisos LOTO y de espacio confinado cumplidos.
- Casi accidentes reportados y acciones cerradas.

Si los paros no planeados suben y los casi accidentes también, la planta está pagando dos veces la misma falta de disciplina: en toneladas y en riesgo.

15.8 Cómo revisar el tablero sin convertirlo en ritual vacío

Una revisión útil dura poco y termina en acuerdos:

- Qué se salió de rango ayer.
- Cuál fue la causa más probable.
- Qué se corrige hoy y quién lo hace.
- Qué se verifica en el siguiente turno.

No sirve leer números en voz alta y pasar al siguiente tema. Tampoco sirve esperar al informe mensual para descubrir que los finos llevan tres semanas altos.

En la práctica: *Un indicador sin acción es solo un adorno. El valor está en la corrección, no en la gráfica.*

15.9 Relación con granja y con formulación

Algunos indicadores de planta se validan en granja: conversión, uniformidad, problemas de patas, reclamos de pellet o de identidad. Si la granja reporta mal desempeño y la planta no revisa temperatura de peletizado, mezcla o despacho, se corrige la fórmula y se deja intacta la causa.

El tablero de planta no sustituye el seguimiento zootécnico. Lo conecta. Esa es la tesis de todo este manual: la nutrición se cumple o se degrada en la manufactura.

15.10 Qué debe quedar claro en este capítulo

- Medir poco y bien es mejor que medir mucho y no actuar.
- Cada indicador necesita definición, meta, responsable y acción.
- Finos, temperatura de acondicionamiento y humedad de enfriado explican gran parte del peletizado.
- Inocuidad y despacho también se miden.
- Mantenimiento y seguridad pertenecen al mismo tablero.
- La revisión diaria debe cerrar causas, no solo leer números.
- El alimento que llega al comedero es el veredicto final de la planta.

En la práctica: *Empiece con cinco indicadores que el turno pueda capturar hoy. Perfeccione después. Lo que no se puede sostener, no gestiona.*

PARTE VI

AMPLIACIÓN OPERATIVA

Capítulos 16 a 19 · Agua y vapor · Laboratorio · Plagas y limpieza · Formulación

CAPÍTULO 16. AGUA, VAPOR Y UTILIDADES

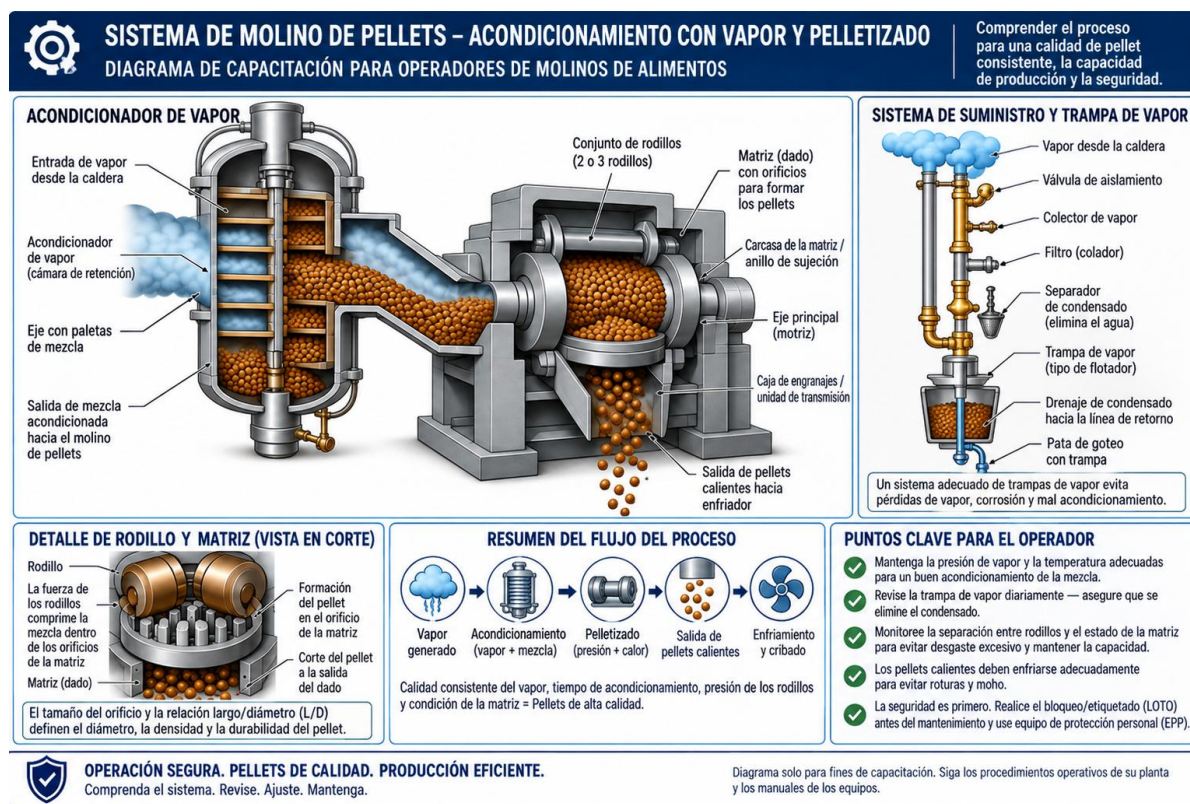


Figura 18. Sistema de vapor: caldera, purgadores y punto de uso.

El peletizado, el maíz rolado y buena parte de la higiene de planta dependen de servicios que no se ven en la fórmula: agua, vapor, aire comprimido y, en muchos casos, electricidad estable. Cuando esos servicios fallan, el operador lo nota tarde: pellet irregular, temperatura que no sostiene, condensado en la harina, paros o costos que se disparan sin explicación aparente.

Este capítulo desarrolla por qué las utilidades son parte del proceso nutricional, qué calidad de agua y de vapor se necesita, cómo se controlan purgadores y condensado, y qué debe vigilar el personal de planta turno a turno.

16.1 Las utilidades no son “de mantenimiento”: son de proceso

Es frecuente separar “producción” de “servicios”. Esa separación es administrativa, no técnica. El vapor que llega húmedo al acondicionador cambia la humedad de la harina y la durabilidad del pellet. El agua dura o sucia ensucia la caldera, reduce transferencia de calor y genera más condensado. El aire comprimido sucio o inestable afecta dosificadores, válvulas y aspersion post-pellet.

Por eso este capítulo se escribe para operadores, supervisión y mantenimiento por igual. Quien fabrica el alimento necesita entender las utilidades; quien opera la caldera necesita entender para qué se usa el vapor.

16.2 Mapa de utilidades en una planta de alimentos

- Agua de proceso y de servicios: caldera, lavado, sanitarios, en algunos casos adición controlada.
- Vapor: acondicionador de peletizadora, steam-flaking, en ocasiones calentamiento de tanques de grasa o de líquidos.
- Condensado: retorno a caldera o desecho, según diseño.
- Aire comprimido: válvulas, cilindros, instrumentos, aspersion.
- Electricidad: molinos, mezcladoras, peletizadoras, enfriadores, aspiración.
- Aspiración y aire de enfriado: calidad del ambiente y del pellet.

Cada servicio tiene un dueño operativo. Si nadie es dueño, el desvío se vuelve crónico.

16.3 Agua: calidad que llega a la caldera y a la planta

El agua no es un insumo neutro. Su dureza, sólidos disueltos, hierro, sílice, cloro residual y contaminación microbiológica condicionan incrustaciones, corrosión y eficiencia. Una caldera incrustada consume más combustible para generar menos vapor útil.

Lo mínimo que la planta debe conocer y controlar:

- Origen del agua (pozo, red, pipa) y variabilidad estacional.
- Tratamiento: ablandamiento, desmineralización parcial, dosificación de químicos de caldera, según diseño.
- Análisis periódico: dureza, pH, conductividad, sólidos y, cuando aplique, hierro y sílice.
- Separación entre agua potable / sanitaria y agua de proceso, para no cruzar usos.
- Tanques limpios, tapados y con rotación; el agua estancada también se deteriora.

Agua mal tratada no “se nota” el primer día. Se nota en tubos tapados, sopladitos frecuentes, consumo alto y vapor inestable semanas después.

16.4 Caldera: generar vapor no es solo “prender el fuego”

La caldera convierte agua tratada en vapor a presión. Su operación segura y eficiente exige:

- Nivel de agua controlado; operar en bajo nivel es riesgo grave.
- Presión en el rango de diseño.
- Sopladito o purga de lodos según procedimiento.
- Quemador y combustión ajustados.
- Instrumentos confiables: nivel, presión, temperatura.
- Personal competente y permisos cuando corresponda.

Una caldera mal operada no solo es ineficiente: es un equipo de alto riesgo. El mantenimiento y la operación segura de caldera no se improvisan.

16.5 Qué vapor necesita el proceso

Para acondicionar harina o grano, el vapor debe llegar al equipo en condiciones útiles: preferentemente saturado, lo más seco posible y con presión estable. Vapor muy húmedo arrastra condensado y moja de forma irregular. Vapor sobrecalentado, en algunos sistemas, transfiere peor la humedad que el proceso necesita. Vapor inestable hace que la temperatura del acondicionador suba y baje.

Variables que importan en el punto de uso:

- Presión en el acondicionador o en el cofre de steam-flaking.
- Temperatura alcanzada en la harina o en el grano.
- Ausencia de golpes de condensado.
- Estabilidad a lo largo del lote, no solo al arranque.

En la práctica: Si el pellet sale mal, no mire solo la matriz. Pregunte también por la presión de vapor, los purgadores y el condensado.

16.6 Purgadores, trampas y condensado

El condensado es agua que se forma cuando el vapor pierde calor en tuberías y equipos. Si no se evacua, viaja con el vapor y llega al acondicionador como agua líquida. Eso no acondiciona: empapa.

Los purgadores o trampas de vapor existen para dejar salir condensado y aire, y retener vapor. Cuando fallan abiertos, se desperdicia vapor. Cuando fallan cerrados o ahogados, el condensado se acumula.

- Revisar que los purgadores descarguen de forma intermitente o según su tipo, no en chorro continuo de vapor vivo.
- Aislar tuberías para reducir formación innecesaria de condensado.
- Instalar y mantener separadores o trampas cerca de los puntos de uso.
- No “cerrar el purgador porque tira agua” sin entender si está haciendo su trabajo.
- Registrar fugas de vapor: son costo y síntoma.

Un programa simple de inspección de purgadores semanal o por ruta suele recuperar más calidad de pellet que muchos ajustes a ciegas en la peletizadora.

16.7 Distribución: del cuarto de calderas al acondicionador

El vapor se degrada en el camino si las líneas están mal diseñadas o mal mantenidas:

- Tramos largos sin aislamiento.
- Bolsas de condensado por pendientes incorrectas.
- Válvulas que gotean o no cierran.
- Derivaciones improvisadas “para salir del paso”.
- Falta de manómetros confiables en el punto de uso.

El operador debe poder leer presión cerca del equipo que usa el vapor, no solo en la caldera. Lo que sale de la caldera no es necesariamente lo que llega al acondicionador.

16.8 Relación directa con peletizado y maíz rolado

En peletizado, el vapor aporta calor y humedad para gelatinizar parcialmente el almidón y aglomerar partículas. Sin vapor de calidad, se busca compensar con más amperaje, más retención o más temperatura aparente, y el resultado suele ser pellet frágil o enzimas dañadas.

En maíz rolado, el vapor prepara el grano antes de los rodillos. Grano frío o mal acondicionado no se aplana bien: la densidad de hojuela se sale de rango y aparecen más finos. El Capítulo 7 depende, en la práctica, de este Capítulo 16.

16.9 Aire comprimido e instrumentos

El aire comprimido mueve válvulas, cilindros y, a veces, aspersores. Aire con agua, aceite o partículas genera fallas intermitentes que parecen “del equipo” y son del servicio:

- Secadores y filtros en condición.
- Drenado de tanques de aire.
- Presión estable en el rango de los actuadores.
- No usar aire de taller sucio en instrumentos de proceso.

Una válvula que “a veces no abre” puede ser un dosificador que entrega mal un microingrediente. El aire también fabrica alimento.

16.10 Electricidad, paros y calidad

Caídas de voltaje, arranques simultáneos y protecciones mal calibradas generan paros que rompen la continuidad del lote. Además, un molino o una peletizadora que trabaja con suministro inestable puede variar amperaje y granulometría. El plan de utilidades incluye, cuando la planta lo permite, registro de paros eléctricos y coordinación de arranques.

16.11 Energía y costo: lo que no se ve en la fórmula

Vapor fugado, condensado no retornado, caldera sucia y líneas sin aislamiento son costos que no aparecen como “ingrediente” y sí como margen perdido. Medir combustible o gas por tonelada, y vapor útil por tonelada cuando exista el dato, permite priorizar reparaciones con argumento económico, no solo técnico.

- Fugas visibles de vapor: reparar, no normalizar.
- Retorno de condensado: menos agua nueva y menos energía perdida.
- Aislamiento: menos condensado y más estabilidad.
- Sopladors de caldera justificados: ni de más ni de menos.

16.12 Seguridad en utilidades

Caldera, vapor y espacios con alta temperatura exigen disciplina:

- Nunca intervenir líneas de vapor sin LOTO y sin alivio de presión.
- Cuidar quemaduras por condensado y por superficies no aisladas.
- Respetar permisos de trabajo en caliente cerca de caldera y combustibles.
- Capacitar al personal que opera o vigila la caldera.
- Tener procedimiento de emergencia ante bajo nivel, sobrepresión o fuga grave.

El vapor no “perdona” la improvisación. Un atajo aquí no produce un lote mediocre: puede producir un accidente.

16.13 Control por turno y registros mínimos

Rutina útil, breve y constante:

- Presión de caldera y de punto de uso.
- Nivel de agua y observaciones de combustión o alarmas.
- Estado de purgadores en ruta crítica (acondicionador, flaker).
- Fugas visibles.
- Temperatura alcanzada en acondicionamiento o en grano.
- Consumo o eventos anómalos (soplado extra, paro, falta de presión).

Si la presión “siempre baja a media tarde”, eso es un patrón. Se investiga: demanda simultánea, caldera sucia, purgadores abiertos o fugas. No se acostumbra.

16.14 Qué debe quedar claro en este capítulo

- Agua, vapor y aire son parte del proceso nutricional, no un anexo.
- La calidad del agua determina la salud de la caldera y la estabilidad del vapor.
- El vapor debe llegar saturado, estable y lo más seco posible al punto de uso.
- Purgadores y condensado explican muchos pellets malos.
- Lo que sale de la caldera no siempre es lo que llega al acondicionador.
- Fugas de vapor son merma energética y síntoma de descontrol.
- Intervenir vapor exige LOTO y procedimiento.

En la práctica: Antes de cambiar matriz o fórmula por un pellet irregular, confirme presión de vapor, purgadores y temperatura real de acondicionamiento.

16.15 Puente al siguiente capítulo

Con las utilidades bajo control, la planta puede medir con sentido lo que sale del proceso. El laboratorio de planta y el control de calidad en piso se desarrollan en el Capítulo 17.

CAPÍTULO 17. LABORATORIO DE PLANTA Y CONTROL DE CALIDAD EN PISO

MUESTREO DE GRANOS EN CAMIÓN A LA RECEPCIÓN

UN MUESTREO ADECUADO = RESULTADOS PRECISOS DE HUMEDAD Y CALIDAD



PUNTOS DE MUESTREO

Recolecte muestras en varias ubicaciones para obtener una muestra representativa de la carga.

- 1 Delantero izquierdo
- 2 Delantero derecho
- 3 Centro
- 4 Trasero izquierdo
- 5 Trasero derecho

SONDA DE MUESTREO

Utilice una sonda de múltiples compartimentos para recolectar muestras de diferentes profundidades y ubicaciones.



PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

1. Coloque la sonda en el punto seleccionado.
2. Inserte la sonda verticalmente en el grano.
3. Abra las ranuras y recolecte la muestra.
4. Cierre y retire la sonda.
5. Combine todas las muestras en un recipiente limpio.

VERIFIQUE LA HUMEDAD INMEDIATAMENTE

Utilice un medidor de humedad calibrado. Tome la lectura de una muestra mezclada.



ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

MUESTRA

CAMIÓN / ORIGEN: _____

FECHA / HORA: _____

HUMEDAD: _____

MUESTRA DUPLICADA

CAMIÓN / ORIGEN: _____

FECHA / HORA: _____

HUMEDAD: _____

Selle y etiquete las bolsas. Almacene en un lugar fresco y seco.

BUENAS PRÁCTICAS

- ✓ Muestree tan pronto como llegue el camión.
- ✓ Utilice equipo limpio.
- ✓ Tome muestras representativas desde múltiples puntos.
- ✓ Mezcle bien la muestra antes de analizarla.

UN MUESTREO PRECISO GARANTIZA ALIMENTOS DE CALIDAD



SEGURIDAD EN EL ÁREA DE RECEPCIÓN

- ✓ Use el equipo de protección personal (EPP) requerido.
- ✓ Manténgase alejado de los vehículos en movimiento.
- ✓ Siga los procedimientos del sitio.

LA SEGURIDAD ES RESPONSABILIDAD DE TODOS.



Figura 19. Laboratorio de planta: muestreo, humedad y decisión de lote.

El laboratorio no existe para “sacar papeles”. Existe para decidir a tiempo: si un camión entra o se rechaza, si un lote se libera o se retiene, si la molienda está en rango, si el pellet puede ir a silo o si hay que parar y corregir. Cuando el laboratorio llega tarde o trabaja desconectado del piso, la planta fabrica a ciegas y el análisis solo certifica un problema que ya ocurrió.

Este capítulo unifica el control de calidad en piso y en laboratorio: qué medir, cómo muestrear, cómo interpretar y cuándo detener un lote. Completa lo que en capítulos anteriores aparecía disperso.

17.1 Calidad en piso y calidad en laboratorio no son dos mundos

El operador ve temperatura, amperaje, aspecto del pellet y fugas. El laboratorio mide humedad, proteína, micotoxinas, granulometría o PDI. Ambos miran el mismo alimento. Si no se hablan, cada uno cree que el otro “no entiende”.

El control funciona cuando:

- El piso detecta desvíos en tiempo real.
- El laboratorio confirma con método y deja evidencia.
- Hay criterios de aceptación escritos, no opiniones de turno.
- Un resultado fuera de rango dispara una acción, no solo un archivo.

17.2 Qué debe poder responder el sistema de calidad

- ¿Esta materia prima puede entrar?
- ¿Esta harina tiene el tamaño de partícula definido?
- ¿Esta mezcla está uniforme?
- ¿Este pellet tiene humedad y durabilidad aceptables?
- ¿Este lote es el producto que dice ser?
- ¿Queda evidencia por si mañana hay un reclamo?

Si esas preguntas no tienen dueño ni método, la calidad depende del “se ve bien”.

17.3 Muestreo: el resultado vale lo que valió la muestra

Un análisis impecable sobre una muestra mal tomada induce a error. El muestreo es la operación más subestimada del laboratorio de planta.

- Definir punto, frecuencia y cantidad según el material (camión, silo, lote de proceso, despacho).
- Tomar incrementos en distintos puntos y profundidades; no “lo de arriba”.
- Homogeneizar y reducir hasta la porción analítica.
- Identificar de inmediato: producto, lote, fecha, hora, origen, responsable.
- Evitar contaminación de la muestra (recipientes sucios, humedad, calor).
- En micotoxinas, aplicar un plan más exigente: la toxina no está pareja.

El plan de muestreo de micotoxinas (enfoque tipo Whitaker) ya se planteó en inocuidad. Aquí se insiste: sin muestra representativa no hay decisión defendible.

17.4 Ensayos de piso: rápidos, frecuentes y accionables

No todo requiere un laboratorio completo. El piso puede y debe medir lo que cambia el proceso el mismo turno:

- Humedad de grano en recepción y de pellet a la salida del enfriador.
- Temperatura de acondicionamiento y de pellet enfriado.
- Aspecto, longitud y quiebre del pellet.
- Estimación o medición de finos.
- Densidad de hojuela en maíz rolado.
- Verificación visual de identidad y de medicados.

Estos datos no sustituyen al laboratorio; lo anticipan. Un pellet caliente no necesita esperar el informe del día siguiente para no entrar a silo.

17.5 Ensayos de laboratorio de planta

Según la capacidad de cada planta, el laboratorio interno suele cubrir:

- Humedad (estufa o medidor calibrado).
- Granulometría por tamizado.
- Proteína, grasa o fibra cuando exista equipo o convenio.
- PDI o prueba práctica de durabilidad.
- Pruebas rápidas de micotoxinas (ELISA u otras), con confirmación externa cuando el resultado es crítico.
- Verificación de pesos y, periódicamente, de uniformidad de mezcla (CV).

Lo que no se pueda hacer adentro se programa con laboratorio externo, pero con el mismo rigor de muestreo, identificación y tiempos de decisión.

17.6 Humedad: el dato que más decisiones dispara

La humedad aparece en recepción, en silos, en acondicionamiento, en enfriado y en guarda. Un punto porcentual de más no es un detalle: cambia merma, riesgo de hongos, flujo, peletizado y reclamo.

- Calibrar medidores contra un método de referencia con frecuencia definida.
- No mezclar lecturas de equipos distintos sin verificar sesgo.
- Registrar humedad junto con producto, lote y punto de toma.
- Definir rangos de aceptación por material y por producto terminado.

En la práctica: *Un medidor de humedad descalibrado toma decisiones caras con cara de precisión.*

17.7 Granulometría y PDI

La granulometría confirma si la molienda está en el objetivo. El PDI o una prueba equivalente confirma si el pellet resiste el manejo. Ambos son el lenguaje común entre proceso y calidad.

Hacerlos “cuando hay tiempo” convierte el estándar en costumbre visual. Conviene una frecuencia mínima: por cambio de criba, por tipo de dieta o por número de toneladas, y siempre que el pellet o la harina se vean distintos.

17.8 Liberación y retención de lote

Un lote no se libera solo porque “ya se produjo”. La liberación combina:

- Identidad del producto y del lote.
- Revisión de proceso (temperaturas, pesos, tiempos).
- Resultados disponibles de humedad, aspecto y, cuando aplique, laboratorio.
- En medicados: flush, identificación y documentos.
- Aptitud de guarda: pellet enfriado.

Si algo no cuadra, se retiene. Retener a tiempo cuesta menos que despachar y luego recuperar. La retención debe tener responsable, motivo, destino del material y criterio de liberación posterior o de reproceso.

17.9 Muestra de retención

La muestra de retención es la memoria física del lote. Debe poder encontrarse semanas después.

- Cantidad suficiente para repetir ensayos clave.
- Etiqueta completa: fecha, producto, lote, cliente si aplica, responsable.
- Almacenamiento seco, fresco y ordenado.
- Tiempo de guarda definido por la planta y por el tipo de producto.
- Registro de ubicación: de nada sirve guardar si no se localiza.

17.10 Cómo interpretar un resultado fuera de rango

Un dato fuera de especificación no se discute de memoria. Se pregunta:

- ¿La muestra fue representativa?
- ¿El equipo estaba calibrado?
- ¿El desvío es de proceso o de materia prima?
- ¿El lote ya se mezcló, se peletizó o se despachó?

- ¿Se confirma con una segunda muestra o con otro método?

Después se decide: aceptar con justificación documentada, reprocesar, destinar a otro uso autorizado o rechazar. Lo que no se documenta parece capricho cuando llega un auditor o un cliente.

17.11 Relación con formulación y con granja

El laboratorio de planta no formula, pero alimenta a quien formula: humedad real, proteína de lotes de pasta o grano, desvíos recurrentes. Tampoco sustituye el seguimiento en granja, pero explica reclamos de pellet, de identidad o de desempeño cuando el proceso se salió de rango.

Si la granja reporta mala conversión y la planta no revisó humedad, finos ni temperatura de peletizado, se cambia la fórmula y se deja intacta la causa.

17.12 Organización mínima del laboratorio de planta

- Área limpia, identificada y con acceso controlado a reactivos y muestras.
- Equipos con programa de calibración y verificación.
- Procedimientos escritos de los ensayos que sí se hacen.
- Bitácora de resultados y de no conformidades.
- Personal capacitado; no “el que esté libre”.
- Comunicación formal con producción: resultados el mismo día cuando la decisión lo exige.

17.13 Control por turno

Lista breve y útil:

- Humedad y temperatura de puntos críticos.
- Aspecto y finos del pellet o densidad de hojuela.
- Identidad de lotes en proceso y en despacho.
- Muestras tomadas y etiquetadas.
- Cualquier resultado u observación fuera de rango, con acción.

17.14 Qué debe quedar claro en este capítulo

- El laboratorio decide a tiempo; no solo archiva.
- La muestra representativa vale más que el equipo caro.
- El piso mide lo urgente; el laboratorio confirma y deja evidencia.
- Humedad, granulometría y calidad física del pellet son el núcleo diario.
- Un lote se libera con criterio, no por inercia.
- La muestra de retención cierra la trazabilidad.
- Un dato fuera de rango exige causa, confirmación y destino del material.

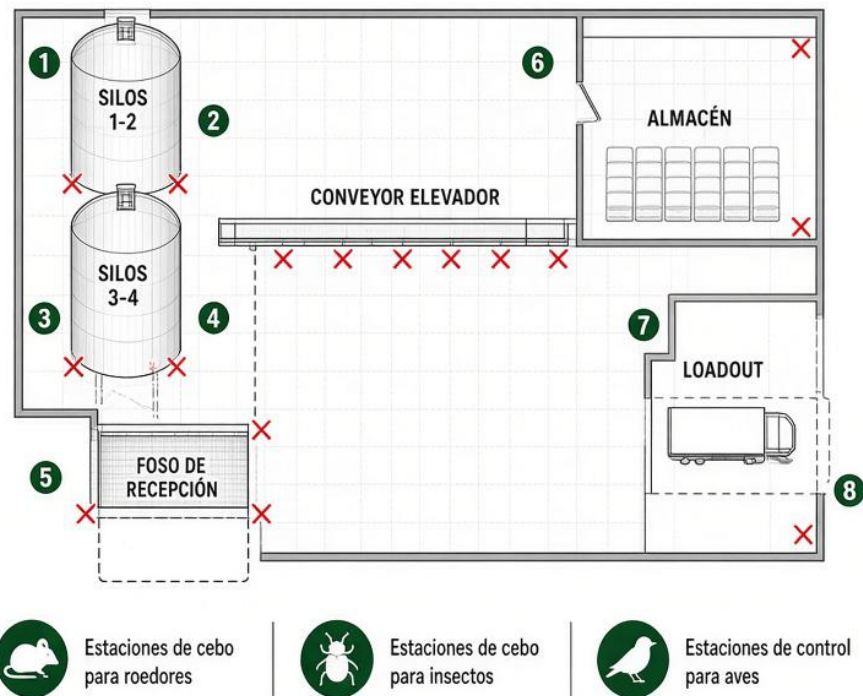
En la práctica: Si el resultado no cambia una decisión, revise si convenía medirlo. Si la decisión no espera el resultado, revise si el laboratorio está llegando tarde.

17.15 Puente al siguiente capítulo

El laboratorio confirma calidad; la higiene de la planta la sostiene día a día. El control de plagas y la limpieza sanitaria integral se desarrollan en el Capítulo 18.

CAPÍTULO 18 • CONTROL DE PLAGAS Y LIMPIEZA SANITARIA

Mapa de estaciones, puntos ciegos y residual.



ACCIONES CLAVE



1. INSPECCIÓN DE ESTACIONES
Revisar cebos, consumo, actividad y estado de las estaciones. Registrar hallazgos.



2. LIMPIEZA DE RESIDUAL
Eliminar polvo, derrames, residuos y acumulación de material que pueda atraer plagas.



3. SELLO DE PUERTAS Y MALLAS
Mantener puertas cerradas, sellar grietas y asegurar mallas en ventanas y ventilaciones.

Figura 20. Mapa de estaciones, puntos ciegos y residual.

CAPÍTULO 18. CONTROL DE PLAGAS Y LIMPIEZA SANITARIA INTEGRAL

Una planta puede peletizar bien y, aun así, perder inocuidad si hay grano derramado, charolas de cebo sin mapa, palomas en vigas o una limpieza que solo barre pasillos. Las plagas no aparecen por azar: llegan donde hay alimento, agua, refugio y descuido. La limpieza sanitaria no es estética: es la barrera cotidiana contra contaminación, deterioro y hallazgos en auditoría.

Este capítulo integra control de roedores, insectos y aves con un programa de limpieza que incluye puntos ciegos, silos, fosas y equipos. Completa lo ya dicho sobre polvo y silos, ahora como sistema sanitario de planta.

18.1 Por qué plagas y suciedad son un solo problema

El insecto busca grano quebrado y polvo. El roedor busca alimento y rincones. El ave busca derrames y techos accesibles. Si hay acumulación, hay oferta. Fumigar sin limpiar es gastar producto sobre la causa que sigue intacta.

Por eso el programa tiene dos patas inseparables:

- Quitar alimento, agua y refugio (limpieza, orden, sellado).
- Monitorear y controlar poblaciones (mapa, cebos, inspección, acción).

18.2 Plagas típicas en plantas de alimentos

- Roedores: contaminan con orina y heces, roen empaques y cableado, entran por huecos mínimos.
- Insectos de grano almacenado: se establecen en residuales, silos, fosas y equipo con harina vieja.
- Aves: contaminan techos, fosas y andenes; los derrames las invitan.
- Otras: moscas en zonas húmedas o de residuos, cuando hay materia orgánica.

Cada una exige una táctica distinta, pero todas se reducen si hay menos derrame y menos escondite.

18.3 Prevención estructural: la primera barrera

Antes del cebo, está el edificio:

- Sellar huecos en muros, puertas y encuentros de silos.
- Cerrar puertas y mantener burletes.
- Proteger desagües y coladeras.
- Evitar maleza y acumulación de costales o refacciones junto a muros.
- Iluminar y mantener despejado el perímetro.
- No dejar charolas de alimento ni costales abiertos en andén.

Un hueco “pequeño” es una puerta. El sellado es más barato que meses de control reactivo.

18.4 Programa de control de plagas

Un programa creíble, alineado con BPM, incluye:

- Plano o mapa de estación de cebos y trampas, numerado.
- Inspección periódica con registro de consumo, captura o hallazgo.
- Productos autorizados, fichas técnicas y uso según etiqueta.
- Personal interno capacitado o proveedor calificado, con evidencia.
- Acciones cuando hay actividad: no solo “se revisó”.
- Revisión de tendencias: si un punto consume siempre, hay que buscar la causa.

El mapa en la oficina no sirve si en campo las estaciones están tapadas por costales o nunca se abren.

18.5 Limpieza sanitaria: más que barrer

Barrer el pasillo y dejar el polvo en vigas, motores y fosas no es limpiar. La limpieza sanitaria busca retirar alimento residual que alimenta plagas y que puede reincorporarse sin control.

- Programa por zonas: recepción, molienda, dosificación, peletizado, enfriado, silos, andén, sanitarios.
- Frecuencia distinta según generación de suciedad.

- Método: preferir aspiración y retiro; evitar soplar polvo de un lado a otro.
- Incluir puntos ciegos: detrás de equipos, sobre vigas, bajo tornillos, fosas y conos de silo.
- Retirar derrames el mismo turno, no “cuando se pueda”.

En la práctica: Si hay alimento en el piso al final del turno, hay oferta para plagas y merma para la planta.

18.6 Silos, fosas y equipos

Los silos sucios y las fosas con grano viejo son criaderos. El protocolo de limpieza de silos (ya planteado en recepción y almacenamiento) forma parte de este programa, no es un anexo aislado.

- Vaciar y limpiar silos según plan y riesgo (cambio de producto, medicado, hallazgo de plaga o calor).
- Inspeccionar fosas de recepción con frecuencia alta.
- Limpiar elevadores y tornillos donde quede residual.
- Coordinar limpieza de equipos con LOTO: nadie entra a limpiar un tornillo energizado.

18.7 Residuos, basura y aguas

Los residuos de proceso, costales rotos y basura doméstica, si se acumulan, atraen plagas. Deben tener contenedores tapados, retiros frecuentes y un sitio definido, lejos de puertas de proceso. Los charcos y las fugas de agua también invitan insectos y deterioro.

18.8 Productos químicos de limpieza y de plagas

Usar un plaguicida o un desinfectante no autoriza el desorden. Reglas mínimas:

- Solo productos permitidos para el uso declarado.
- Almacenar químicos fuera del área de alimento, identificados y bajo control.
- No aplicar sobre el alimento ni sobre superficies en contacto directo sin procedimiento.

- Respetar dosis, tiempos y equipo de protección.
- Registrar qué se aplicó, dónde, cuándo y quién.

Un cebo mal colocado puede ser tan peligroso como no tener programa.

18.9 Hallazgos y no conformidades

Ver una rata, un nido o un foco de gorgojo no es un incidente para callar. Es información. Se registra, se contiene (limpieza, sellado, ajuste de cebo) y se verifica si el hallazgo se repite. Castigar el reporte enseña a esconder plagas hasta la auditoría.

18.10 Relación con inocuidad y con auditorías

SENASICA y las BPM esperan evidencia: mapa, registros, limpieza y acciones. Más importante que el papel es la coherencia: una planta con registros perfectos y fosas sucias no está controlada. Una planta limpia con registros simples está más cerca del estándar real.

18.11 Organización y responsabilidades

- Producción: no dejar derrames, reportar huecos y actividad.
- Limpieza / servicios: ejecutar el programa de zonas y puntos ciegos.
- Calidad: verificar, revisar registros y cerrar hallazgos.
- Mantenimiento: sellar, reparar puertas y coordinar LOTO en limpiezas de equipo.
- Gerencia: no postergar el perímetro ni el contrato de plagas “porque no se ve”.

18.12 Control por turno y semanal

Por turno:

- Recoger derrames.
- Cerrar puertas.
- Reportar actividad o estaciones dañadas.

Semanal o según plan:

- Inspección de estaciones y mapa.
- Limpieza de vigas, fosas y puntos críticos.

- Revisión de perímetro y maleza.
- Cierre de hallazgos abiertos.

18.13 Qué debe quedar claro en este capítulo

- Plagas y suciedad se controlan juntas: sin alimento ni refugio, hay menos infestación.
- El sellado y el orden preceden al cebo.
- El programa necesita mapa, inspección, productos autorizados y acciones.
- La limpieza incluye puntos ciegos, no solo pasillos.
- Silos y fosas son parte del plan sanitario.
- Los químicos se controlan; no se improvisan sobre el alimento.
- El hallazgo se reporta y se cierra, no se esconde.

En la práctica: Antes de comprar más cebo, camine la planta al final del turno. Lo que quedó en el piso explica gran parte de la plaga.

18.14 Puente al siguiente capítulo

Con higiene y calidad en marcha, falta que el personal de piso entienda qué significa una fórmula y qué no se puede “ajustar a ojo”. La formulación aplicada a la operación de planta se desarrolla en el Capítulo 19.

CAPÍTULO 19 • FORMULACIÓN APLICADA A LA PLANTA

De la fórmula autorizada al lote real.

FÓRMULA TEÓRICA

FÓRMULA: POLLO ENGORDE FASE 2

Versión: 2026-05 Autorizada: 15/04/2026

INGREDIENTE	kg / 1000 kg
Maíz amarillo	620.00 kg
Torta de soya (48%)	280.00 kg
Harina de pescado	30.00 kg
Aceite de soya	30.00 kg
Carbonato de calcio	15.00 kg
Fosfato bicálcico	12.00 kg
Sal común	3.50 kg
DL-Metionina	2.20 kg
L-Lisina HCl	2.10 kg
Cloruro de colina	1.00 kg
Premix vitaminas y minerales	4.00 kg
Antioxidante	0.20 kg
TOTAL	1000.00 kg



Fórmula teórica autorizada en sistema.
Base del lote.

VARIABILIDAD
DE
MANUFACTURA

LOTE REAL



PESAJE DE INGREDIENTES

Registros de báscula (kg) – Lote 240515-A

Maíz amarillo	621.4
Torta de soya (48%)	278.6
Harina de pescado	30.1
Aceite de soya	29.8
... (resto de ingredientes)	...

Tolerancia de pesada según procedimiento PT-PES-01.

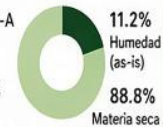


HUMEDAD Y MATERIA SECA (AS-IS vs DRY MATTER)

Análisis de humedad lote 240515-A

Humedad (as-is): 11.2%

Materia seca (dry matter): 88.8%



TEMPERATURA DE PROCESO

Registro en peletizadora

Temperatura promedio: 78.4 °C

Rango objetivo: 75 – 82 °C



BUENAS PRÁCTICAS QUE CIERRAN LA BRECHA



TOLERANCIA DE PESADA

Respetar los límites establecidos
para cada ingrediente.
Registrar y justificar
desviaciones.



CAMBIO DE INGREDIENTE DOCUMENTADO

Todo cambio debe estar
autorizado, registrado y
trazable en el sistema.



VALIDAR QUE EL ANIMAL RECIBA LO DISEÑADO

Monitorear consumo,
homogeneidad y desempeño
para confirmar que el lote real
cumpla el objetivo formulado.



Manual para plantas de alimentos balanceados • UACH 2026



Figura 21. Dosificación y flujo hacia mezclado (básculas, micros y mezcladora).

CAPÍTULO 19. FORMULACIÓN APLICADA A LA OPERACIÓN DE PLANTA

Este capítulo no enseña a formular. Enseña lo que el personal de planta debe entender de una fórmula para no destruirla en el proceso. El nutricionista calcula proteína, energía, aminoácidos, minerales y aditivos. El piso decide, con cada báscula, cada silo y cada ajuste “por si acaso”, si ese cálculo llega al comedero o se queda en el papel.

La distancia entre la fórmula impresa y el alimento real se llama variabilidad de manufactura. Reducirla es tan importante como acertar el requerimiento de la especie.

19.1 Qué es una fórmula para quien opera

Una fórmula es una receta autorizada: lista de ingredientes, cantidades, orden cuando aplica, y destino (especie, etapa, presentación). No es una sugerencia. No es un punto de partida para “mejorarla” en el turno.

Para el operador, la fórmula responde:

- Qué producto se fabrica.
- Qué entra y cuánto.
- Qué no se puede sustituir sin autorización.
- Si lleva medicamento, enzima u otro aditivo crítico.
- Qué proceso se espera (harina, pellet, rolado).

Fabricar “parecido” no es fabricar la fórmula. Un 2 % de más en un macro puede ser relevante; el mismo error en un micro puede ser grave.

19.2 Por qué el peso no debe “ajustar a ojo”

Los ajustes improvisados nacen de buena intención: “esta pasta se ve pobre”, “le faltó color”, “el pellet no amarra, échale más grasa”, “quita un poco de premezcla que está cara”. Cada uno de esos gestos cambia la nutrición sin cálculo y sin registro.

Consecuencias típicas:

- Dietas que en papel cumplen y en granja fallan.
- Exceso o déficit de minerales, vitaminas o medicamento.
- Pérdida de trazabilidad: nadie sabe qué se fabricó de verdad.
- Imposibilidad de validar una matriz de fitasa o un aditivo.

En la práctica: Si hay que cambiar la fórmula, se cambia por escrito y se autoriza. No se cambia en la báscula.

19.3 Lo que sí debe saber el piso de nutrición

No hace falta ser formulador. Sí hace falta entender ideas mínimas:

- La proteína no es un solo número: importa el perfil de aminoácidos.
- La energía se degrada si el proceso o la humedad salen de rango.
- Calcio y fósforo van juntos; la fitasa no autoriza ignorar el Ca:P.
- Los micros (premezcla, enzimas, medicamentos) concentran el riesgo.
- La humedad del ingrediente cambia el nutriente que realmente se dosificó.
- Sustituir un grano o una pasta cambia densidad, peletizado y, a veces, toxinas.

Cuando el operador entiende el “porqué”, deja de ver la receta como un capricho de oficina.

19.4 Humedad y base seca: el desajuste silencioso

Las fórmulas se calculan con nutrientes en una base de humedad asumida. Si el maíz llega más húmedo de lo previsto, cada tonelada dosificada aporta menos materia seca y menos energía. Si llega más seco, puede aportar más de lo calculado y cambiar el flujo.

Por eso recepción y laboratorio alimentan a formulación: humedad real, no humedad “de catálogo”. Fabricar semanas con grano húmedo sin avisar al formulador es producir una dieta distinta con el mismo código de producto.

19.5 Densidad, fluidez y dosificación

Dos ingredientes con el mismo nombre no fluyen igual. Un material apelmazado o más denso hace que un sistema volumétrico entregue de más o de menos. Incluso en sistemas gravimétricos, la falta de fluidez genera cortes, puentes en tolva y pesos incompletos.

El piso debe reportar cambios de densidad, apelmazamiento o dosificación incompleta. Eso no es “queja de equipo”: es información nutricional.

19.6 Sustituciones de ingredientes

Sustituir pasta de soya, grano, grasa o un aditivo parece un tema de compras. En planta es un cambio de proceso y de nutrición.

- No se sustituye un micro “por el que hubiera”.
- Una fitasa distinta exige otra matriz y, a veces, otro rango de temperatura.
- Un grano distinto puede peletizar peor o traer otro perfil de micotoxinas.
- Una grasa distinta cambia energía y manejo en tanque.
- Toda sustitución autorizada debe llegar a la orden de fabricación con claridad.

La planta que improvisa sustituciones fabrica un promedio de lo que hay en almacén, no la dieta diseñada.

19.7 Fórmula, proceso y aditivos sensibles

La fórmula asume un proceso. Si incluye fitasa, probiótico o vitamina sensible, asume una temperatura de acondicionamiento o un punto post-pellet. Si el piso sube el vapor “para que amarre el pellet”, puede estar invalidando la matriz con la que se bajó el fósforo mineral.

Por eso formulación y operación deben acordar:

- Rango de temperatura de peletizado por tipo de dieta.
- Dónde se incluye cada aditivo (mezcla o post-pellet).
- Qué no se puede compensar con más calor o más tiempo.

19.8 Tolerancias: qué desvío sí importa

Ningún sistema dosifica con cero errores. Lo importante es definir tolerancias por tipo de ingrediente.

- Macros (grano, pasta, salvado): desvíos pequeños pueden aceptarse si se registran y no son sistemáticos.
- Micros y medicados: la tolerancia es estrecha; un error se investiga.
- Un desvío siempre en el mismo sentido (siempre corto o siempre de más) no es azar: es báscula, fluidez o receta mal cargada.

Aceptar “siempre queda un poco corto” es cambiar la fórmula sin firmar el cambio.

19.9 Comunicación entre formulador, compras y planta

La fórmula falla en los huecos de comunicación:

- Compras cambia de proveedor y no avisa.
- Recepción acepta humedad alta y no escala.
- Producción fabrica con un código viejo.
- Calidad libera sin ver que el proceso salió de temperatura.
- El formulador no recibe datos reales de humedad ni de laboratorio.

Una reunión breve o un tablero de cambios de fórmula, de lote de aditivo y de restricciones de proceso evita gran parte de esos huecos.

19.10 Qué hacer cuando la granja reporta mal desempeño

La primera reacción suele ser “revisar la fórmula”. Debe ser, al mismo tiempo, revisar la manufactura:

- ¿Se fabricó la fórmula vigente?
- ¿Los pesos reales coinciden con los teóricos?
- ¿La humedad de ingredientes y de pellet estaba en rango?
- ¿La temperatura de peletizado respetó el aditivo?
- ¿La mezcla tuvo CV aceptable?
- ¿El despacho envió el producto correcto?

Si esas respuestas no existen, cambiar otra vez la dieta es adivinar.

19.11 Capacitación mínima para operadores

Todo operador que dosifique o libere lotes debería poder explicar, en sus palabras:

- Por qué no se sustituye un micro sin orden.
- Por qué un medicado no se “diluye” pasando al siguiente lote.
- Por qué la humedad importa.
- A quién avisar si un silo o una báscula no entrega.
- Dónde está la fórmula vigente y cómo se identifica el producto.

Esa capacitación es más barata que un reclamo de granja o un evento de medicamento residual.

19.12 Registros que conectan fórmula y lote

- Código de fórmula y versión.
- Fecha y hora de fabricación.
- Pesos teóricos versus reales.
- Lotes de ingredientes críticos y de aditivos.
- Temperatura de proceso cuando el aditivo lo exige.
- Autorizaciones de cualquier desvío.

Sin esos eslabones, formulación y planta viven en documentos distintos.

19.13 Qué debe quedar claro en este capítulo

- La fórmula es una orden, no una guía opcional.
- Ajustar a ojo cambia la nutrición y borra la trazabilidad.
- Humedad, densidad y fluidez alteran lo que realmente se dosificó.
- Las sustituciones se autorizan por escrito.
- Los aditivos sensibles atan la fórmula a un rango de proceso.
- Los desvíos sistemáticos de peso son un cambio de dieta encubierto.
- Ante un problema en granja, se investiga fórmula y manufactura juntas.

En la práctica: Antes de “mejorar” la receta en el turno, pregunte: ¿quién lo autorizó y dónde quedó escrito?

19.14 Cierre de la ampliación de la obra

Con este capítulo se cierra el puente entre el diseño nutricional y la ejecución en planta. Los capítulos 16 a 19 no reemplazan los quince capítulos iniciales: los sostienen. Agua y vapor hacen posible el proceso; el laboratorio decide a tiempo; la higiene evita que la plaga y el residual deshagan el lote; la formulación aplicada impide que la receta se reescriba en silencio.

Alimentar y nutrir sigue siendo la clave. Fabricar la fórmula, y no una aproximación, es la forma cotidiana de honrar esa clave.

CONCLUSIÓN DE LA OBRA

Al cierre de este *Manual para plantas de alimentos balanceados*, la idea que debe permanecer no es una lista de equipos ni un catálogo de normas, sino una convicción operativa: **la planta no solo transforma materias primas; transforma o erosiona el valor nutricional diseñado en la fórmula.**

Los diecinueve capítulos de esta obra recorren ese trayecto de punta a punta. Los primeros quince construyen el núcleo de la manufactura y de la gestión:

- el vínculo entre nutrición y planta (Cap. 1);
- la recepción, los silos y las materias primas (Cap. 2);
- el flujo de proceso y el control de polvo (Cap. 3);
- la molienda y la granulometría (Cap. 4);
- la dosificación y el mezclado (Cap. 5);
- el acondicionamiento y el peletizado (Cap. 6);
- el maíz rolado (Cap. 7);
- el enfriado, el cribado y la adición post-pellet (Cap. 8);
- la calidad y la inocuidad (Cap. 9);
- los fitobióticos, probióticos y prebióticos (Cap. 10);
- las enzimas y la fitasa (Cap. 11);
- el almacenamiento y el despacho (Cap. 12);
- el mantenimiento (Cap. 13);
- la seguridad (Cap. 14);
- y los indicadores de gestión (Cap. 15).

Los cuatro capítulos de ampliación no son un apéndice: sostienen lo anterior. El agua, el vapor y las utilidades (Cap. 16) hacen posible el proceso térmico. El laboratorio y el control de calidad en piso (Cap. 17) permiten decidir a tiempo. El control de plagas y la limpieza sanitaria integral (Cap. 18) protegen la inocuidad que el proceso pretende. La formulación aplicada a la operación (Cap. 19) impide que la receta se reescriba en silencio en la báscula o en el turno.

Cada decisión de recepción, muestreo, almacenamiento, molienda, dosificación, mezclado, acondicionamiento, peletizado, enfriado, adición post-pellet, limpieza, mantenimiento, despacho y también de vapor, laboratorio e higiene deja una huella en el alimento que llega al comedero. Cuando esas decisiones se toman con criterio, el animal recibe lo que estaba previsto. Cuando se toman por costumbre, por prisa o por falta de registro, la granja paga el costo en conversión, uniformidad, salud y reclamos.

A lo largo de la obra se ha sostenido que nutrición, inocuidad, eficiencia y seguridad no son departamentos aislados. Son dimensiones de un mismo sistema:

- Un silo mal monitoreado no es solo un problema de almacén: es un riesgo de micotoxinas y de merma.
- Un vapor húmedo no es solo un detalle de caldera: es pellet irregular y posible pérdida de enzimas.
- Una mezcladora desajustada no es solo mantenimiento: es desuniformidad de vitaminas, minerales o medicamentos.
- Un despacho sin verificación no es solo un error administrativo: puede ser el envío del producto equivocado al cliente equivocado.
- Un laboratorio que llega tarde no “documenta”: certifica un problema que ya debió detenerse.
- Una fórmula que se “ajusta a ojo” deja de ser fórmula.

La planta funciona como un sistema; por eso debe gestionarse como un sistema.

El marco normativo mexicano en particular la NOM-012-SAG/ZOO-2020, la NOM-060-SAG/ZOO-2020, la NOM-188-SSA1-2002 y las Buenas Prácticas de Manufactura no aparece aquí como un apéndice legal, sino como parte del mismo estándar de calidad. Cumplir no es “papel para la auditoría”: es proteger al animal, al cliente y a la propia operación.

Del mismo modo, el uso de fitobióticos, probióticos, prebióticos y enzimas solo crea valor cuando se dosifican bien, se protegen del proceso cuando hace falta y se validan en campo. La fitasa ilustra con claridad ese principio: el ahorro formulado es real solo si la actividad llega al animal y el desempeño se sostiene.

La capacitación y el registro no son adornos de la excelencia: son su infraestructura. Explicar sin herramientas deja la mejora en el discurso; registrar sin criterio deja la mejora en el archivo. Ambas piezas comprensión y evidencia son necesarias para que operadores, supervisores, calidad, mantenimiento y gerencia hablen el mismo idioma y cierren acciones cuando algo se desvía.

Optimizar recursos, en el sentido que aquí se propone, no consiste en recortar a ciegas. Consiste en eliminar pérdidas que no agregan nutrición ni seguridad: humedad insegura, polvo acumulado, finos excesivos, vapor desperdiciado, matrices gastadas, limpiezas omitidas, errores de despacho y paros no planeados. En márgenes estrechos, esa disciplina es competitividad.

Los indicadores de gestión cierran el círculo. Medir finos, temperatura de acondicionamiento, humedad de enfriado, paros, errores de despacho y casi accidentes no es burocracia: es la forma de ver a tiempo lo que el hábito deja de notar. Un indicador sin acción no gestiona nada; un tablero revisado con causa y responsable convierte la operación en mejora continua.

El veredicto final de la planta no se escribe en el tablero de toneladas, sino en el alimento que llega al comedero: su consistencia, su inocuidad y su fidelidad a la fórmula. Si ese alimento es predecible y seguro, la granja tiene base para producir. Si no lo es, ninguna corrección posterior resulta barata.

Producir con excelencia, entonces, no es un acto aislado de fabricación: es una responsabilidad técnica continua, compartida entre quienes formulan, quienes operan, quienes verifican y quienes dirigen.

Alimentar y nutrir, con método, evidencia y disciplina operativa, sigue siendo y debe seguir siendo la clave del éxito para producir.

CIERRE DEL MANUAL Y REFLEXIÓN GENERAL

Al término de estos diecinueve capítulos, la obra puede leerse de dos maneras. La primera es lineal: un recorrido técnico desde la recepción del grano hasta el despacho del pellet, pasando por molienda, dosificación, vapor, peletizado, maíz roado, enfriado, inocuidad, aditivos, enzimas, almacenamiento, mantenimiento, seguridad, indicadores, utilidades, laboratorio, higiene y formulación aplicada. La segunda y la que da sentido a la primera es sistémica: **la planta es el lugar donde la nutrición se cumple o se degrada.**

Esa es la tesis que recorre el manual de principio a fin. No se fabrica “alimento” como si fuera un volumen indiferente. Se fabrica una promesa nutricional: proteína, energía, minerales, vitaminas, enzimas, a veces un medicamento. Esa promesa solo es verdadera si cada eslabón del proceso la respeta. Un silo caliente, un vapor húmedo, una báscula descalibrada, una matriz gastada, un medicado sin flush o un camión equivocado no son incidentes menores. Son formas distintas de reescribir la fórmula sin firmar el cambio.

Por eso el subtítulo no es un lema decorativo. **Alimentar y nutrir es la clave del éxito para producir** significa que la granja no puede corregir, a bajo costo, lo que la planta entregó mal. La conversión, la uniformidad, la salud ósea, la inocuidad y la confianza del cliente se deciden, en buena medida, antes de que el alimento cruce la báscula de salida.

La ampliación de los capítulos 16 a 19 no fue un añadido ornamental. Hizo visible lo que a menudo queda fuera del relato de “producción”: el agua y el vapor que hacen posible el proceso; el laboratorio que debe decidir a tiempo y no solo archivar; la limpieza y el control de plagas que evitan que el residual y la infestación deshagan el lote; y la formulación entendida por el piso, para que nadie “mejore” la receta a ojo. Con ello, el manual deja de ser solo una guía de equipos y se convierte en una pedagogía de responsabilidad compartida.

Hay una tensión que la obra no esconde. La planta vive bajo presión de toneladas, de paros, de costos y de tiempo. Esa presión empuja al atajo: no muestrear bien, no enfriar, no bloquear un equipo, no registrar, no retener. El manual sostiene lo contrario: el atajo es más caro. Sale caro en merma, en reclamos, en enzimas inactivas, en accidentes y en pérdida de credibilidad. La disciplina operativa no compite con la productividad; es la única forma estable de sostenerla.

Tampoco se pretende que un texto reemplace la norma, el criterio del nutricionista o la realidad de cada instalación. Las plantas difieren en escala, en equipo y en madurez. Lo que no debería diferir es el principio: **medir lo crítico, autorizar los cambios, proteger a las personas y no entregar lo que no se puede defender.**

La reflexión final es, entonces, ética y técnica a la vez. Ética, porque el alimento que sale de la planta entra en un animal, en una cadena productiva y, de manera mediata, en la alimentación humana. Técnica, porque esa responsabilidad se ejerce con básculas, vapor, registros, LOTO, muestreo y tableros, no con declaraciones de intención.

Si esta obra cumple su propósito, no será porque se archive completa en un librero institucional. Será porque un turno deja de normalizar el polvo en las vigas, porque un lote se retiene a tiempo, porque un purgador se repara antes de culpar a la matriz, porque un medicado se verifica dos veces, y porque formulación y planta dejan de vivir en documentos distintos.

Alimentar es entregar volumen. Nutrir es entregar lo diseñado, con inocuidad y con consistencia. Producir con éxito, en el sentido que aquí se propone, es lograr que ambas cosas ocurran en el mismo saco, en el mismo camión y en el mismo comedero.

Ese es el cierre de la obra y, al mismo tiempo, su invitación: **usar el manual, adaptarlo a la planta y no dejar que la fórmula se quede solo en el papel.**

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Zootecnia, nutrición animal y plantas de alimentos balanceados

Este glosario reúne definiciones operativas para uso compartido entre formulación, producción, calidad, mantenimiento y supervisión. No pretende sustituir un diccionario académico: busca unificar el lenguaje de planta para que cada término se entienda igual en el piso, en el laboratorio y en la gerencia.

Acondicionamiento. Etapa previa al peletizado en la que la harina se calienta y humedece con vapor para mejorar la formación del pellet y la gelatinización del almidón.

Actividad de agua (aw). Medida del agua disponible para reacciones químicas y crecimiento microbiano; no equivale al porcentaje de humedad.

Aditivo alimentario. Sustancia incorporada al alimento con propósito tecnológico, nutricional o de desempeño.

Aflatoxinas. Micotoxinas producidas principalmente por hongos del género *Aspergillus*; de alto interés sanitario en cereales.

Aire comprimido. Servicio de planta que mueve válvulas, cilindros e instrumentos; su calidad afecta dosificación y aspersión.

Alimento balanceado. Mezcla de ingredientes formulada para aportar nutrientes según especie, etapa y objetivo productivo.

Alimento medicado. Alimento con medicamento veterinario en dosis autorizada; requiere identificación, secuencia, flush y trazabilidad reforzada.

Aminoácido limitante. Aminoácido esencial que limita la síntesis de proteína y el desempeño por su menor disponibilidad relativa.

Base seca. Expresión de nutrientes descontando la humedad; permite comparar ingredientes y dietas con distinta humedad.

Biodisponibilidad. Fracción de un nutriente que el animal puede absorber y utilizar.

BPM. Buenas Prácticas de Manufactura orientadas a inocuidad, higiene, trazabilidad y control de procesos.

Calcio: fósforo (Ca:P). Proporción crítica para mineralización ósea y para el buen funcionamiento de la fitasa.

Caldera. Equipo que genera vapor a partir de agua tratada; su operación condiciona peletizado y steam-flaking.

Cebo / estación de cebo. Punto numerado del programa de plagas para atraer y controlar roedores u otras plagas, con registro de actividad.

Coeficiente de variación (CV). Indicador de uniformidad de la mezcla; un CV bajo indica mejor reparto de ingredientes.

Condensado. Agua formada al enfriarse el vapor en tuberías y equipos; si llega al acondicionador, empapa en lugar de acondicionar.

Contaminación cruzada. Transferencia no deseada de residuos entre lotes por equipos, silos o errores de secuencia.

Conversión alimenticia. Cantidad de alimento requerida para producir una unidad de ganancia o de producto.

Densidad de hojuela. Peso por unidad de volumen del maíz roado; indicador práctico de intensidad del steam-flaking.

DHA. Dust Hazard Analysis. Análisis formal del peligro de polvo combustible.

Dosificación. Operación de pesar o medir la cantidad correcta de cada ingrediente según la fórmula.

Enfriador (cooler). Equipo que reduce temperatura y humedad del pellet para permitir su almacenamiento seguro.

Enzima (exógena). Proteína añadida al alimento para mejorar la digestión de componentes específicos; sensible al calor excesivo.

Espacio confinado. Área como silo o fosa con acceso limitado y riesgo de atmósfera peligrosa; requiere permiso y supervisión.

FIFO. First in, first out. Principio de rotación: el lote que entra primero debe salir primero.

Finos. Partículas pequeñas generadas en peletizado o manejo; exceso indica mala calidad física o problema de proceso.

Fitasa. Enzima que hidroliza el fitato y libera fósforo (y otros minerales) de origen vegetal.

Fitato (ácido fítico). Forma en que se encuentra gran parte del fósforo en granos; de baja disponibilidad para monogástricos sin enzima.

Fitobiótico (fitogénico). Aditivo derivado de plantas usado para apoyar salud digestiva, palatabilidad o desempeño.

Flush. Paso de material limpio por equipos y líneas después de un lote de riesgo para reducir residuos.

Fórmula (orden de fabricación). Receta autorizada de ingredientes, cantidades y proceso; no es una guía opcional de turno.

Gelatinización del almidón. Cambio físico-químico del almidón por calor y humedad que lo hace más digestible.

Granulometría. Distribución del tamaño de partículas; influye en mezclado, peletizado, polvo y digestión.

HAZOP. Metodología de análisis de riesgos por desviaciones de proceso.

Holgura. Distancia entre rodillos y matriz de la peletizadora; ajuste crítico para compactación y desgaste.

Humedad de guarda. Nivel de humedad al cual el grano o el alimento puede almacenarse con menor riesgo de deterioro.

Inocuidad. Condición del alimento que no causa daño ni introduce peligros evitables.

Liberación de lote. Decisión documentada de autorizar el uso o despacho de un lote tras cumplir criterios de proceso e identidad.

LOTO. Lockout/Tagout. Procedimiento de bloqueo y etiquetado de energías antes de intervenir equipos.

Mapa de plagas. Plano numerado de estaciones de cebo y trampas con registro de inspección y hallazgos.

Matriz (die). Componente de la peletizadora con orificios que forman el pellet.

Matriz nutricional. Valores de nutrientes asignados a una enzima (p. ej., fitasa) en la formulación.

Muestra de retención. Porción identificada del lote guardada como evidencia para reclamos o verificación posterior.

Muestreo representativo. Toma de incrementos en distintos puntos y profundidades para que la muestra refleje el lote real.

Mezclado. Operación que busca repartir de forma uniforme todos los ingredientes del lote.

Micotoxina. Toxina producida por hongos en granos o forrajes (aflatoxinas, fumonisinas, DON, zearalenona, etc.).

Molienda. Reducción del tamaño de partícula de granos e ingredientes.

NOM. Norma Oficial Mexicana; en esta obra, en especial NOM-012, NOM-060 y NOM-188.

OEE. Overall Equipment Effectiveness: disponibilidad × rendimiento × calidad.

PDI. Pellet Durability Index: mide la resistencia del pellet a la rotura y la generación de finos.

Peletizado. Proceso de compactar harina acondicionada a través de una matriz para formar pellets.

Piso (control en piso). Mediciones y verificaciones rápidas hechas en operación (humedad, temperatura, finos, identidad).

Polvo combustible. Partículas finas que, en suspensión y con fuente de ignición, pueden generar riesgo de incendio o explosión.

Post-pellet. Adición de grasa, enzimas u otros aditivos después del peletizado para evitar daño térmico.

Prebiótico. Ingrediente no digerible que estimula selectivamente microorganismos beneficiosos.

Probiótico. Microorganismos vivos que, en cantidades adecuadas, pueden conferir un beneficio al animal.

Puntos ciegos. Zonas de difícil acceso (vigas, fosas, detrás de equipos) donde se acumulan residuales y plagas.

Purgador (trampa de vapor). Dispositivo que evacua condensado de las líneas de vapor; su falla degrada el acondicionamiento.

Recepción. Etapa de ingreso de materias primas: pesaje, inspección, muestreo y decisión de aceptación.

Retención de lote. Decisión de no liberar un lote hasta resolver un desvío de identidad, proceso o laboratorio.

SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

Silo. Estructura de almacenamiento de granos o producto terminado; requiere control de humedad, temperatura y limpieza.

Steam-flaking (maíz rolado). Proceso de acondicionar el grano con vapor y pasarlo por rodillos para formar hojuelas.

Sustitución de ingrediente. Cambio de un material de la fórmula por otro; debe autorizarse por escrito y actualizar la orden.

Tolerancia de dosificación. Desvío máximo aceptado entre peso teórico y real, más estrecho en micros y medicados.

Trazabilidad. Capacidad de seguir el rastro de un lote hacia atrás y hacia adelante.

Uniformidad de mezcla. Grado en que los componentes están homogéneamente distribuidos en el lote.

Utilidades. Servicios de planta (agua, vapor, aire comprimido, electricidad) que sostienen el proceso.

Vapor saturado. Vapor preferible para acondicionamiento por su transferencia eficiente de calor y humedad.

Variabilidad de manufactura. Diferencia entre la fórmula diseñada y el alimento realmente fabricado por desvíos de proceso.

Zootecnia. Disciplina que estudia la cría, alimentación, manejo y mejora de los animales domésticos con fines productivos

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE SOPORTE

Esta sección reúne normas, libros, artículos científicos, guías técnicas y referencias de organismos oficiales utilizados para sustentar los contenidos del *Manual para plantas de alimentos balanceados*. Las fuentes se seleccionaron por su relevancia práctica y científica en nutrición animal, tecnología de fabricación, inocuidad y gestión de plantas.

American Association of Feed Control Officials. (s. f.). Official publication: Dog and cat food nutrient profiles. AAFCO.

American Feed Industry Association. (1994). Feed manufacturing technology IV (R. R. McElhiney, Ed.). AFIA.

American Feed Industry Association. (s. f.). Publicaciones técnicas sobre fabricación, calidad e inocuidad de alimentos para animales. AFIA.

American Society of Agricultural and Biological Engineers. (2008). Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving (ASABE S319.4). ASABE.

Bedford, M. R., & Partridge, G. G. (Eds.). (2010). Enzymes in farm animal nutrition (2.^a ed.). CABI.

Behnke, K. C. (1996). Feed manufacturing technology: Current issues and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, 62(1), 49–57. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)01005-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)01005-3)

Behnke, K. C. (s. f.). Atmospheric conditioning. En A. Fahrenholz, C. Stark y C. Jones (Eds.), *Feed pelleting reference guide*. Kansas State University / Watt Global Media.

Codex Alimentarius Commission. (2004). Code of practice on good animal feeding (CAC/RCP 54-2004). FAO/WHO.

Cowieson, A. J., Wilcock, P., & Bedford, M. R. (2011). Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. *World's Poultry Science Journal*, 67(2), 225–236. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000250>

Diario Oficial de la Federación. (s. f.). Ley Federal de Sanidad Animal y su Reglamento. Gobierno de México.

European Pet Food Industry Federation. (s. f.). Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for dogs and cats. FEDIAF.

- Fahrenholz, A. C., Stark, C. R., & Jones, C. K. (Eds.). (s. f.). Feed pelleting reference guide. Kansas State University / Watt Global Media.
- Fairfield, D. A. (2003). Pelleting for profit — Part 1. Feed and Grain.
- Fairfield, D. A. (s. f.). Practical pelleting: Fines control and pellet mill operation. American Feed Industry Association.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, & World Health Organization. (2002). Guidelines for the evaluation of probiotics in food. FAO/WHO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s. f.). Aquaculture feed and fertilizer resources: Species profiles. FAO.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66(5), 365–378. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1989.tb05105.x>
- Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125(6), 1401–1412. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>
- Goodband, R. D., Tokach, M. D., & Nelssen, J. L. (2002). The effects of diet particle size on animal performance (MF-2050). Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.
- Greer, D., & Fairchild, F. (1999). Moisture addition at the mixer and pellet quality. Kansas State University.
- Herrman, T., & Behnke, K. C. (s. f.). Testing mixer performance (MF-1172). Kansas State University.
- Kansas State University, IGP Institute. (s. f.). Feed technology short course materials: Grinding, pelleting, conditioning and quality control. Kansas State University.
- Magan, N., & Aldred, D. (2007). Post-harvest control strategies: Minimizing mycotoxins in the food chain. *International Journal of Food Microbiology*, 119(1–2), 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.034>
- Maier, D. E., & Bakker-Arkema, F. W. (1992). The counterflow cooling of feed pellets. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 53, 305–319.
- McCoy, R. A., Behnke, K. C., Hancock, J. D., & McElhiney, R. R. (1994). Effect of mixing uniformity on broiler chick performance. *Poultry Science*, 73(3), 443–451. <https://doi.org/10.3382/ps.0730443>
- McElhiney, R. R. (Ed.). (1994). Feed manufacturing technology IV. American Feed Industry Association.

- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). Nutrient requirements of beef cattle (8.^a ed. rev.). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). Nutrient requirements of dairy cattle (8.^a ed. rev.). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25806>
- National Fire Protection Association. (2019). NFPA 652: Standard on the fundamentals of combustible dust. NFPA.
- National Fire Protection Association. (2020). NFPA 61: Standard for the prevention of fires and dust explosions in agricultural and food processing facilities. NFPA.
- National Research Council. (1994). Nutrient requirements of poultry (9.^a ed. rev.). National Academy Press.
- National Research Council. (2000). Nutrient requirements of beef cattle (actualización). National Academy Press.
- National Research Council. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle (7.^a ed. rev.). National Academy Press.
- National Research Council. (2006). Nutrient requirements of dogs and cats. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10668>
- National Research Council. (2007). Nutrient requirements of horses (6.^a ed. rev.). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11653>
- National Research Council. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and New World camelids. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11654>
- National Research Council. (2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13039>
- National Research Council. (2012). Nutrient requirements of swine (11.^a ed. rev.). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13298>
- Occupational Safety and Health Administration. (s. f.). Control of hazardous energy (lockout/tagout) (29 CFR 1910.147). U.S. Department of Labor.
- Occupational Safety and Health Administration. (s. f.). Grain handling facilities (29 CFR 1910.272). U.S. Department of Labor.
- Occupational Safety and Health Administration. (s. f.). Permit-required confined spaces (29 CFR 1910.146). U.S. Department of Labor.

- Reimer, L. (1992). Conditioning. En Proceedings of the Northern Crops Institute Feed Mill Management and Feed Manufacturing Technology Short Course. Northern Crops Institute.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., Saraiva, A., Teixeira, M. L., Rodrigues, P. B., Oliveira, R. F., Barreto, S. L. T., & Brito, C. O. (2017). Tablas brasileñas para aves y cerdos: Composición de alimentos y requerimientos nutricionales (4.^a ed.). Universidad Federal de Viçosa.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, & SENASICA. (2020). NOM-012-SAG/ZOO-2020. Productos para uso o consumo animal. Especificaciones sanitarias y de calidad. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, & SENASICA. (2020). NOM-060-SAG/ZOO-2020. Especificaciones zootécnicas para la elaboración de harinas de origen animal destinadas a la alimentación animal. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Salud. (2002). NOM-188-SSA1-2002. Productos y servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Límites máximos permisibles y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación.
- Selle, P. H., & Ravindran, V. (2007). Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 135(1–2), 1–41. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.010>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (s. f.). Guías y lineamientos de buenas prácticas de manufactura en plantas de alimentos para animales. SENASICA.
- Skoch, E. R., Behnke, K. C., Deyoe, C. W., & Binder, S. F. (1981). The effect of steam-conditioning rate on the pelleting process. *Animal Feed Science and Technology*, 6(1), 83–90. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(81\)90033-X](https://doi.org/10.1016/0377-8401(81)90033-X)
- Theurer, C. B., Huber, J. T., Delgado-Elorduy, A., & Wanderley, R. (1999). Invited review: Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82(9), 1950–1959. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75431-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75431-7)
- Thomas, M., & van der Poel, A. F. B. (1996). Physical quality of pelleted animal feed. 1. Criteria for pellet quality. *Animal Feed Science and Technology*, 61(1–4), 89–112. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00949-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00949-2)
- Thomas, M., & van der Poel, A. F. B. (2020). Fundamental factors in feed manufacturing: Towards a unifying conditioning/pelleting framework. *Animal Feed Science and Technology*, 268, 114612. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114612>

- Thomas, M., van Zuilichem, D. J., & van der Poel, A. F. B. (1997). Physical quality of pelleted animal feed. 2. Contribution of processes and its conditions. *Animal Feed Science and Technology*, 64(2–4), 173–192. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)01058-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)01058-9)
- Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología. (2026). Marco institucional, protocolos y experiencia de planta en el norte de México. UACH.
- Whitaker, T. B. (2006). Sampling foods for mycotoxins. *Food Additives & Contaminants*, 23(1), 50–61. <https://doi.org/10.1080/02652030500241587>
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86(14_suppl), E140–E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>
- Zinn, R. A., Owens, F. N., & Ware, R. A. (2002). Flaking corn: Processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 80(5), 1145–1156. <https://doi.org/10.2527/2002.8051145x>

NOTA METODOLÓGICA

Las referencias anteriores se emplearon para:

- Fundamentar los **límites y el sentido operativo** de la normativa mexicana.
- Sustentar los **factores de control** en molienda, dosificación, mezclado, acondicionamiento, peletizado, maíz roado y enfriado.
- Respaldar el uso de **fitasa, fitobióticos, probióticos y prebióticos** con criterio de dosis, estabilidad térmica y validación.
- Orientar las prácticas de **inocuidad, muestreo de micotoxinas, trazabilidad, LOTO y control de polvo**.
- Definir un **tablero de indicadores** alineado con calidad física, proceso y seguridad.

Este listado no es exhaustivo de toda la literatura del área; es el **cuerpo de fuentes consultadas** para dar coherencia técnica y credibilidad a la obra. Donde se citan rangos de proceso o prácticas de planta, se priorizó la evidencia consolidada y su traducción a lenguaje operativo para capacitación en plantas de México y Latinoamérica.

APENDÍCE

FORMATOS LLENABLES

Estos formatos se diseñaron para uso en piso, laboratorio, patio y supervisión. Pueden fotocoparse o digitalizarse. Lo importante no es llenarlos para el archivo, sino que disparen una decisión cuando algo sale de rango.

ÍNDICE DE FORMATOS

1. F-01 Inspección y recepción de materias primas
2. F-02 Muestreo de camión / silo / lote
3. F-03 Monitoreo de temperatura y humedad de silos
4. F-04 Limpieza y liberación de silo
5. F-05 Control de molienda y granulometría
6. F-06 Dosificación: teórico vs real
7. F-07 Verificación de mezclado (CV / tiempo)
8. F-08 Control de acondicionamiento y peletizado
9. F-09 Maíz rolado (steam-flaking)
10. F-10 Enfriado, cribado y post-pellet
11. F-11 Checklist de despacho y camión
12. F-12 Muestra de retención
13. F-13 Orden de trabajo / mantenimiento
14. F-14 LOTO e intervención de equipo
15. F-15 Permiso de espacio confinado (silo / fosa)

- 16.F-16 Trabajo en caliente
- 17.F-17 Reporte de casi accidente / condición insegura
- 18.F-18 Tablero diario de indicadores
- 19.F-19 Ruta de purgadores y presión de vapor
- 20.F-20 Calidad de agua / caldera (turno)
- 21.F-21 Liberación o retención de lote
- 22.F-22 Resultado de laboratorio de planta
- 23.F-23 Inspección de programa de plagas
- 24.F-24 Limpieza sanitaria por zona
- 25.F-25 Cambio o sustitución de fórmula / ingrediente

F-01 — Inspección y recepción de materias primas

Capítulo relacionado: 2, 9, 17

Fecha	Proveedor	Producto	Lote / placa	Humedad %	Aspecto / olor	Acepta / Rechaza	Observaciones

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-02 — Muestreo de camión / silo / lote

Capítulo relacionado: 2, 9, 17

Tipo de muestreo: ☐ Camión ☐ Silo ☐ Lote de proceso ☐ Despacho ☐ Micotoxinas

Punto / incremento	Profundidad o posición	Cantidad (g)	Hora	Responsable	Identificación de muestra

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-03 — Monitoreo de temperatura y humedad de silos

Capítulo relacionado: 2, 12

Fecha/hora	Silo	Producto	Temp. °C	Humedad %	Olor / constructos	Acción

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-04 — Limpieza y liberación de silo

Capítulo relacionado: 2, 12, 18

Silo No.: _____ Producto anterior: _____ Producto siguiente: _____ ¿Medicado previo? [] Sí [] No

Actividad	Hecho (Sí/No)	Hora	Responsable	Observación

Actividades sugeridas: vacío confirmado · residual retirado · inspección visual · flush si aplica · LOTO si hay ingreso · liberación firmada.

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-05 — Control de molienda y granulometría

Capítulo relacionado: 4, 17

Fecha	Producto	Criba (mm)	Horas/ton martillos	% retenido clave	Polvo excesivo (Sí/No)	Ajuste realizado

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-06 — Dosificación: teórico vs real

Capítulo relacionado: 5, 19

Fórmula / versión: _____ Lote de fabricación: _____ Fecha: _____

Ingrediente	Teórico (kg)	Real (kg)	Diferencia	¿Dentro de tolerancia?	Lote del ingrediente

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-07 — Verificación de mezclado

Capítulo relacionado: 5

Mezcladora: _____ Tiempo de mezcla (min): _____ Tipo: ☐ seco ☐ con líquidos

Muestra	Ubicación	Analito / trazador	Resultado	CV %	¿Acepta?

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-08 — Control de acondicionamiento y peletizado

Capítulo relacionado: 6, 16

Hora	Fórmula	Presión vapor	Temp. acond. °C	Amperaje	Finos % / PDI	Ajuste

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-09 — Maíz rolado (steam-flaking)

Capítulo relacionado: 7, 16

Hora	Temp. grano °C	Tiempo vapor	Densidad hojuela	Finos	Humedad	Observación

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-10 — Enfriado, cribado y post-pellet

Capítulo relacionado: 8

Hora	Temp. salida °C	Humedad %	¿Listo para silo?	Adición post-pellet	Dosis / flujo	Finos cribados

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-11 — Checklist de despacho y camión

Capítulo relacionado: 12

Cliente: _____ Pedido: _____ Producto: _____ Lote: _____ Silo: _____

Verificación	Sí	No	Dato / comentario

Ítems: producto correcto · lote correcto · silo correcto · peso · documentos · camión limpio · lonas · medicado identificado · muestra de retención.

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-12 — Muestra de retención

Capítulo relacionado: 12, 17

Fecha	Producto	Lote	Cliente	Cantidad	Ubicación guarda	Caducidad de guarda	Responsable

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-13 — Orden de trabajo / mantenimiento

Capítulo relacionado: 13

Fecha	Equipo	Tipo (Prev/Corr)	Horas / ton	Hallazgo	Refacción	Causa	Cierre

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-14 — LOTO e intervención de equipo

Capítulo relacionado: 14, 13, 16

Equipo: _____ Trabajo: _____ Fecha: _____

Fuente de energía	Aislada	Bloqueada	Etiquetada	Verificada cero energías	Quién bloqueó

Liberación: solo quien bloqueó / según procedimiento. Firma de liberación: _____ Hora: _____

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-15 — Permiso de espacio confinado (silo / fosa)

Capítulo relacionado: 14, 18

Lugar: _____ Motivo de ingreso: _____ Fecha: _____

Requisito	Sí	No	Dato

Ítems: permiso firmado · supervisor fuera · medición de atmósfera si aplica · EPP · plan de rescate · LOTO · comunicación.

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-16 — Trabajo en caliente

Capítulo relacionado: 14, 3

Área: _____ Tipo: ☐ soldar ☐ cortar ☐ esmerilar Fecha/hora: _____

Control	Sí	No	Observación

Ítems: limpieza de polvo previa · material combustible retirado · vigilancia · extintor · revisión posterior.

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-17 — Reporte de casi accidente / condición insegura

Capítulo relacionado: 14

Fecha/hora	Área	Qué ocurrió o se observó	Causa probable	Acción inmediata	Acción de fondo	Responsable / fecha cierre

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-18 — Tablero diario de indicadores

Capítulo relacionado: 15

Indicador	Meta / rango	Turno 1	Turno 2	Fuera de rango	Causa / acción

Sugeridos: toneladas · paros min · finos % · temp. acond. · hum. enfriador · errores despacho · casi accidentes · fugas vapor.

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-19 — Ruta de purgadores y presión de vapor

Capítulo relacionado: 16, 6

Punto	Presión	Purgador OK	Fuga	Condensado excesivo	Acción

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-20 — Calidad de agua / caldera (turno)

Capítulo relacionado: 16

Hora	Nivel agua	Presión caldera	Soplado (Sí/No)	Dureza / cond. si aplica	Alarma	Observación

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-21 — Liberación o retención de lote

Capítulo relacionado: 17, 9, 19

Producto: _____ Lote: _____ Fórmula/versión: _____ Fecha: _____

Decisión: ☐ Liberar ☐ Retener ☐ Reprocesar ☐ Rechazar

Criterio	Resultado	¿Cumple?

Criterios: identidad · pesos · temp. proceso · humedad · enfriado · medicado/flush · laboratorio disponible.

Motivo / destino del material: _____

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-22 — Resultado de laboratorio de planta

Capítulo relacionado: 17

Fecha	Muestra ID	Ensayo	Resultado	Especificación	¿Fuera de rango?	Acción

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-23 — Inspección de programa de plagas

Capítulo relacionado: 18

Estación No.	Ubicación	Actividad (Sí/No)	Tipo de hallazgo	Acción	Próxima revisión

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-24 — Limpieza sanitaria por zona

Capítulo relacionado: 18

Zona / punto ciego	Frecuencia	Hecho (Sí/No)	Método	Residual encontrado	Responsable

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

F-25 — Cambio o sustitución de fórmula / ingrediente

Capítulo relacionado: 19

Fórmula original / versión: _____ Nueva versión o sustituto: _____

Campo	Dato

Campos: motivo · autorizado por · fecha vigencia · impacto en proceso (temp., aditivo) · comunicado a: producción / calidad / compras.

Elaboró: _____ Revisó: _____ Fecha: _____ Turno: _____

ANEXO

TABLAS DE REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Expandidas con minerales traza completos

Integradas al Manual para plantas de alimentos balanceados · UACH · 2026

Este anexo reúne las tablas de requerimientos nutricionales revisadas y adaptadas para formulación y operación de plantas de alimentos balanceados. Los valores son orientativos (base materia seca, salvo humedad) y deben validarse con software de formulación, análisis de laboratorio, especie, etapa productiva y normativa aplicable. No sustituyen el criterio del nutricionista ni los límites legales (en particular selenio y cobre).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

Facultad de Zootecnia y Ecología

TABLAS DE REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

EXPANDIDAS CON MINERALES TRAZA COMPLETOS

(Incluye Hierro, Sodio, Yodo, Selenio, Fibra Bruta, FDN y FDA)

Revisadas y Adaptadas para Plantas de Alimentos Balanceados

D. Ph. Daniel Díaz Plascencia

Facultad de Zootecnia y Ecología – UACH

Chihuahua, México | 2026

Tabla de Requerimientos Nutricionales – Ganado Lechero

GANADO LECHERO (NASEM 2021 / NRC) — Etapas del ciclo productivo

Nutriente	Ternera crecimiento	Vaquilla	Vaca seca temp.	Préparto/Close-up	Lact. inicio	Lact. media/alta
Rango / fase	0–12 meses	12 m – 1er parto	45–60 d preparto	21–28 d preparto	0–100 DEL	100–200+ DEL
Leche esperada (L/día)	—	—	—	—	30 – 45	25 – 38
EM (Mcal/kg)	2.60 – 2.90	2.30 – 2.60	2.10 – 2.40	2.30 – 2.55	2.55 – 2.80	2.45 – 2.70
ENL (Mcal/kg)	1.60 – 1.75	1.35 – 1.55	1.25 – 1.40	1.45 – 1.60	1.65 – 1.75	1.60 – 1.70
ENg (Mcal/kg)	1.10 – 1.35	0.85 – 1.15	0.65 – 0.95	0.80 – 1.10	1.05 – 1.30	0.95 – 1.20
TND (%)	70 – 78	62 – 72	58 – 65	62 – 70	70 – 78	68 – 75
Almidón (%)	25 – 40	18 – 30	12 – 20	16 – 25	22 – 28	20 – 26
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	16 – 20	13 – 16	12 – 14	14 – 16	16 – 18	15 – 17
Fibra Bruta (%)	12 – 18	15 – 22	20 – 28	18 – 25	12 – 18	14 – 20
FDN (NDF) (%)	28 – 35	32 – 42	38 – 48	32 – 40	28 – 34	30 – 36
FDA (ADF) (%)	16 – 24	20 – 28	24 – 32	20 – 28	17 – 22	18 – 24
Grasa (%)	3 – 6	2.5 – 4.5	2 – 4	3 – 5	4 – 6.5	3.5 – 5.5
Cenizas (%)	6 – 8	6 – 8	6 – 9	7 – 9	7 – 9	7 – 9
Calcio (%)	0.60 – 0.90	0.45 – 0.65	0.40 – 0.60	0.45 – 0.70*	0.70 – 1.00	0.65 – 0.90

Fósforo (%)	0.35 – 0.50	0.30 – 0.40	0.25 – 0.35	0.30 – 0.40	0.40 – 0.50	0.35 – 0.45
Magnesio (%)	0.20 – 0.30	0.16 – 0.25	0.20 – 0.30	0.25 – 0.40	0.25 – 0.35	0.25 – 0.35
Potasio (%)	1.0 – 1.5	0.8 – 1.2	0.8 – 1.3	0.8 – 1.4	1.2 – 1.8	1.2 – 1.7
Sodio (%)	0.15 – 0.25	0.12 – 0.20	0.12 – 0.20	0.12 – 0.25	0.20 – 0.30	0.18 – 0.28
Hierro (ppm)	50 – 100	50 – 80	50 – 80	50 – 80	50 – 100	50 – 100
Manganeso (ppm)	40 – 50	40 – 50	40 – 50	40 – 50	40 – 50	40 – 50
Cobre (ppm)	10 – 15	10 – 15	10 – 15	10 – 15	10 – 15	10 – 15
Zinc (ppm)	40 – 60	40 – 60	40 – 60	40 – 60	40 – 60	40 – 60
Cobalto (ppm)	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20
Yodo (ppm)	0.4 – 0.8	0.4 – 0.6	0.4 – 0.8	0.5 – 1.0	0.5 – 1.0	0.5 – 0.8
Selenio (ppm)	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30	0.25 – 0.35	0.25 – 0.35	0.25 – 0.35
Vit. A (UI/kg)	4,000 – 7,000	3,000 – 5,000	4,000 – 6,000	5,000 – 8,000	5,000 – 8,000	4,500 – 7,000
Vit. D (UI/kg)	1,000 – 1,800	800 – 1,200	1,000 – 1,500	1,500 – 2,500	1,200 – 2,000	1,000 – 1,800
Vit. E (UI/kg)	30 – 60	25 – 40	40 – 80	60 – 100	40 – 80	30 – 50

**Préparto/Close-up: frecuentemente se usan sales aniónicas (DCAD negativo) para prevenir hipocalcemia. Transición = Close-up + Lactancia inicio. Se = selenito de sodio ≈ 45 % Se. Fuente: NASEM 2021.*

Valores orientativos de concentración en dieta total (base MS, excepto humedad). Selenio expresado como Se elemental (fuente común: selenito de sodio ≈ 45 % Se). No superar límites legales de Se. Ajustar con software de formulación y análisis de laboratorio.

DEL = Días En Leche (días transcurridos desde el parto).

Tabla de Requerimientos Nutricionales – Ganado de Carne

GANADO DE CARNE (NASEM 2016) — incluye Agostadero y rangos de peso

Nutriente	Inicio	Crecimiento	Engorda	Gest./Lact	Mantenimiento	Agostadero
Rango de peso (kg)	150 – 250	250 – 380	380 – 550	400 – 600	400 – 550	350 – 550
Ganancia de peso (kg/día)	0.80 – 1.20	1.00 – 1.40	1.30 – 1.80	0.00 – 0.40	0.00 – 0.20	0.20 – 0.60
EM (Mcal/kg)	2.45 – 2.70	2.35 – 2.60	2.70 – 3.10	2.10 – 2.45	1.90 – 2.25	1.75 – 2.10
ENg (Mcal/kg)	1.10 – 1.30	1.00 – 1.20	1.25 – 1.55	0.70 – 1.05	0.50 – 0.85	0.30 – 0.70
TND (%)	68 – 75	65 – 72	75 – 85	58 – 68	52 – 62	48 – 58
Almidón (%)	30 – 45	25 – 40	45 – 60	15 – 30	10 – 20	5 – 15
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína (%)	14 – 16	12 – 14	11 – 13	12 – 16	8 – 11	7 – 10
Fibra Bruta (%)	12 – 18	15 – 22	12 – 18	15 – 22	18 – 28	20 – 30
FDN (%)	25 – 35	30 – 40	20 – 30	30 – 40	35 – 50	40 – 55
FDA (%)	15 – 22	18 – 25	12 – 20	18 – 25	22 – 32	25 – 35
Grasa (%)	3 – 6	3 – 5	4 – 7	3 – 5	2 – 4	2 – 4
Cenizas (%)	5 – 8	5 – 8	5 – 8	6 – 9	5 – 8	5 – 9

Calcio (%)	0.50 – 0.70	0.40 – 0.55	0.30 – 0.50	0.40 – 0.65	0.25 – 0.40	0.20 – 0.35
Fósforo (%)	0.30 – 0.40	0.25 – 0.35	0.20 – 0.30	0.25 – 0.40	0.18 – 0.28	0.15 – 0.25
Magnesio (%)	0.15 – 0.25	0.12 – 0.20	0.10 – 0.20	0.15 – 0.25	0.10 – 0.20	0.10 – 0.18
Potasio (%)	0.6 – 1.0	0.6 – 0.9	0.5 – 0.8	0.7 – 1.2	0.6 – 0.9	0.5 – 0.9
Sodio (%)	0.10 – 0.20	0.08 – 0.15	0.08 – 0.15	0.10 – 0.20	0.08 – 0.15	0.08 – 0.15
Hierro (ppm)	50 – 100	50 – 80	50 – 80	50 – 100	50 – 80	40 – 80
Mn (ppm)	20 – 40	20 – 40	20 – 40	30 – 50	20 – 40	20 – 40
Cobre (ppm)	10	10	10	10 – 15	10	8 – 12
Zinc (ppm)	30 – 50	30 – 50	30 – 50	40 – 60	30 – 50	25 – 45
Cobalto (ppm)	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15
Yodo (ppm)	0.3 – 0.6	0.3 – 0.5	0.3 – 0.5	0.4 – 0.8	0.3 – 0.5	0.3 – 0.5
Selenio (ppm)	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30	0.20 – 0.30	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30
Vit. A (UI/kg)	2,500 – 4,000	2,000 – 3,500	2,000 – 3,500	3,000 – 5,000	2,000 – 3,500	1,500 – 3,000
Vit. D (UI/kg)	300 – 500	250 – 400	250 – 400	400 – 800	250 – 400	200 – 400
Vit. E (UI/kg)	25 – 50	20 – 40	20 – 40	30 – 60	20 – 40	15 – 40

Fuente: NASEM (2016). Nutrient Requirements of Beef Cattle, 8th Revised Edition. EM = Energía Metabolizable; ENg = Energía Neta de ganancia; TND = Total de Nutrientes Digestibles. Valores en base MS. Se = selenito de sodio $\approx 45\%$ Se. Complementado con NRC (2000) *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (Update) y rangos prácticos de formulación para plantas de alimentos balanceados.

Notas:

Los rangos de peso son orientativos y pueden variar según raza (europea vs cebú/cruzas), sexo y sistema de producción.

*Selenio: expresado como Se elemental (fuente común: **selenito de sodio** $\approx 45\%$ Se).

En **agostadero** los requerimientos de proteína y energía son menores por menor tasa de ganancia y mayor consumo de forraje de menor calidad.

Fuente: NASEM (2016). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 8th Revised Edition.

Tabla de Requerimientos Nutricionales – Cerdos

CERDOS (NRC 2012) — Tablas completas con rangos de peso

Nutriente	Pre-iniciación	Iniciación	Crecimiento	Desarrollo	Finalización	Gestación	Lactancia
Rango de peso (kg)	5 – 12	12 – 25	25 – 50	50 – 80	80 – 120	Adultas	Adultas
EM (Mcal/kg)	3.30 – 3.45	3.25 – 3.40	3.20 – 3.35	3.15 – 3.30	3.10 – 3.25	3.00 – 3.20	3.20 – 3.40
Ganancia diaria (g/día)	250 – 400	400 – 550	550 – 700	700 – 850	750 – 950	—	—
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	20 – 22	18 – 20	16 – 18	14 – 16	13 – 15	12 – 14	16 – 18
Fibra Cruda (%)	2.0 – 4.0	2.5 – 4.5	3.0 – 5.0	3.0 – 5.0	3.0 – 5.5	4.0 – 7.0	3.0 – 5.0
Grasa (%)	5 – 8	4 – 7	3 – 6	3 – 5	3 – 5	3 – 5	5 – 8
Cenizas (%)	5 – 7	5 – 7	5 – 7	4 – 6	4 – 6	5 – 7	5 – 7
Calcio (%)	0.80 – 0.90	0.70 – 0.85	0.60 – 0.75	0.55 – 0.70	0.50 – 0.65	0.70 – 0.90	0.80 – 1.00
P disponible (%)	0.40 – 0.50	0.35 – 0.45	0.30 – 0.40	0.25 – 0.35	0.22 – 0.32	0.35 – 0.45	0.40 – 0.55
Magnesio (%)	0.04 – 0.06	0.04 – 0.06	0.04 – 0.06	0.04 – 0.06	0.04 – 0.06	0.04 – 0.06	0.04 – 0.06
Potasio (%)	0.25 – 0.35	0.25 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.25	0.20 – 0.25	0.20 – 0.30	0.25 – 0.35
Sodio (%)	0.15 – 0.25	0.12 – 0.20	0.10 – 0.18	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.15 – 0.25	0.20 – 0.30

Hierro (ppm)	80 – 120	70 – 100	50 – 80	40 – 70	40 – 70	70 – 100	80 – 120
Manganeso (ppm)	4 – 6	3 – 5	2 – 4	2 – 3	2 – 3	15 – 25	15 – 25
Cobre (ppm)	6 – 10	5 – 8	4 – 6	3 – 5	3 – 5	8 – 12	10 – 15
Zinc (ppm)	100 – 150	80 – 120	60 – 100	50 – 80	50 – 80	80 – 120	100 – 150
Cobalto (ppm)	0.05 – 0.10	0.05 – 0.10	0.05 – 0.10	0.05 – 0.10	0.05 – 0.10	0.05 – 0.10	0.05 – 0.10
Yodo (ppm)	0.14 – 0.20	0.14 – 0.18	0.14 – 0.16	0.14 – 0.16	0.14 – 0.16	0.14 – 0.20	0.14 – 0.20
Selenio (ppm)	0.25 – 0.35	0.25 – 0.30	0.20 – 0.30	0.15 – 0.25	0.15 – 0.25	0.20 – 0.30	0.25 – 0.35
Vitamina A (UI/kg)	2,000 – 4,000	1,500 – 3,000	1,300 – 2,500	1,300 – 2,000	1,300 – 2,000	4,000 – 6,000	2,000 – 4,000
Vitamina D (UI/kg)	200 – 400	150 – 300	150 – 250	150 – 250	150 – 250	200 – 400	200 – 400
Vitamina E (UI/kg)	40 – 80	30 – 60	20 – 40	20 – 40	20 – 40	40 – 60	40 – 80
Lisina (%)	1.35 – 1.50	1.15 – 1.30	0.95 – 1.10	0.80 – 0.95	0.70 – 0.85	0.55 – 0.70	0.90 – 1.10
Metionina (%)	0.40 – 0.50	0.35 – 0.45	0.28 – 0.35	0.25 – 0.32	0.22 – 0.28	0.18 – 0.25	0.25 – 0.35
Treonina (%)	0.85 – 0.95	0.75 – 0.85	0.65 – 0.75	0.55 – 0.65	0.50 – 0.60	0.45 – 0.55	0.60 – 0.75

Notas: En gestación se restringe energía para controlar condición corporal. En lactancia la demanda de EM, proteína y aminoácidos es alta. Ganancia diaria no aplica en cerdas adultas. No superar 0.5 ppm de Se total.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS POR ETAPA

Principio general: a menor peso, mayor densidad nutricional (más proteína, aminoácidos, minerales y vitaminas por kg de alimento). Conforme el animal crece, baja la concentración y sube el consumo diario.

1. Pre-iniciación (5–12 kg)

Objetivo: adaptación al alimento sólido y desarrollo intestinal e inmune. EM 3.30–3.45 Mcal/kg y ganancia 250–400 g/día. Proteína 20–22 % y lisina 1.35–1.50 % porque el lechón deposita músculo a gran velocidad. Grasa 5–8 % para energía y palatabilidad; fibra baja (2–4 %). Hierro 80–120 ppm y zinc 100–150 ppm son críticos. Riesgo si se formula mal: diarrea, bajo consumo y retraso permanente.

2. Iniciación (12–25 kg)

Objetivo: consolidar crecimiento y transitar a dietas más económicas. EM 3.25–3.40 Mcal/kg y ganancia 400–550 g/día. Proteína 18–20 % y lisina 1.15–1.30 %. No bajar demasiado la lisina: es el aminoácido limitante y define la eficiencia de la proteína.

3. Crecimiento (25–50 kg)

Objetivo: máxima eficiencia de conversión muscular. EM 3.20–3.35 Mcal/kg y ganancia 550–700 g/día. Proteína 16–18 % y lisina 0.95–1.10 %. Ya se tolera más fibra (3–5 %). Hierro, zinc y vitaminas bajan porque el consumo diario cubre el requerimiento absoluto.

4. Desarrollo (50–80 kg)

Objetivo: seguir creciendo sin exceso de grasa. EM 3.15–3.30 Mcal/kg y ganancia 700–850 g/día. Proteína 14–16 % y lisina 0.80–0.95 %. Si la energía queda alta y la lisina baja, el cerdo engorda en lugar de depositar músculo.

5. Finalización (80–120 kg)

Objetivo: terminar el peso de mercado con buena canal. EM 3.10–3.25 Mcal/kg y ganancia 750–950 g/día. Proteína 13–15 % y lisina 0.70–0.85 %. Es la etapa más sensible al costo por kg de ganancia; aquí se ahorra proteína sin sacrificar desempeño.

6. Gestación (cerdas adultas)

Objetivo: mantener condición corporal y desarrollo fetal, sin sobreengrasamiento. EM 3.00–3.20 Mcal/kg, controlada principalmente por la cantidad ofrecida. Proteína 12–14 % y lisina 0.55–0.70 %. Fibra 4–7 % para saciedad y tránsito. Calcio y fósforo se reservan para la lactancia siguiente. Vitamina A más alta (4,000–6,000 UI/kg) por embrión y endometrio.

7. Lactancia (cerdas adultas)

Objetivo: máxima producción de leche y mínima pérdida de peso de la cerda. EM 3.20–3.40 Mcal/kg, proteína 16–18 % y lisina 0.90–1.10 %. Grasa 5–8 % para densidad energética. Calcio 0.80–1.00 % y P disponible 0.40–0.55 % por salida en leche. Si la dieta es baja en EM o lisina, la cerda moviliza músculo, baja la leche y empeora el destete siguiente.

Prioridad de formulación por etapa

Etapa	Prioridad de formulación
Pre-iniciación	Densidad, digestibilidad y minerales traza
Iniciación	Lisina y energía altas; costo aún secundario
Crecimiento	Equilibrio EM: lisina
Desarrollo	Evitar exceso de energía vs aminoácidos
Finalización	Costo y calidad de canal
Gestación	Fibra + restricción de energía + Ca/P
Lactancia	Máxima EM, grasa y lisina

BIBLIOGRAFÍA

1. National Research Council (NRC). (2012). Nutrient Requirements of Swine. 11th Revised Edition. National Academies Press, Washington, D.C.
2. Rostagno et al. Tablas Brasileñas para Aves y Suínos (ediciones actualizadas).
3. PIC, DanBred, Hypor y otras casas genéticas — manuales de nutrición y metas de desempeño.

Tabla de Requerimientos Nutricionales – Aves de Engorda

Fuente: NRC (1994) *Nutrient Requirements of Poultry* + guías comerciales (Ross, Cobb).

POLLOS DE ENGORDA (Broilers)

Nutriente	Iniciador (0–14 d)	Crecimiento (11–24 d)	Finalizador (25 d–faena)
Energía Metabolizable (Mcal/kg)	2.95 – 3.05	3.05 – 3.15	3.15 – 3.25
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	22 – 24	20 – 22	18 – 20
Fibra Cruda (%)	2 – 4	2.5 – 4.5	3 – 5
Grasa (%)	4 – 7	5 – 8	5 – 8
Cenizas (%)	5 – 7	5 – 7	5 – 7
Calcio (%)	0.95 – 1.10	0.85 – 1.00	0.75 – 0.90
Fósforo disponible (%)	0.45 – 0.55	0.40 – 0.50	0.35 – 0.45
Sodio (%)	0.15 – 0.22	0.15 – 0.20	0.15 – 0.20
Hierro (ppm)	60 – 100	50 – 80	40 – 70
Manganeso (ppm)	60 – 100	60 – 100	50 – 80
Cobre (ppm)	8 – 15	8 – 12	6 – 10
Zinc (ppm)	80 – 120	70 – 100	60 – 90

Yodo (ppm)	0.35 – 0.50	0.35 – 0.45	0.30 – 0.40
Selenio (ppm)	0.25 – 0.35	0.25 – 0.30	0.20 – 0.30
Vitamina A (UI/kg)	8,000 – 12,000	7,000 – 10,000	6,000 – 9,000
Vitamina D ₃ (UI/kg)	3,000 – 5,000	2,500 – 4,000	2,000 – 3,500
Vitamina E (UI/kg)	30 – 60	25 – 50	20 – 40
Lisina (%)	1.25 – 1.40	1.10 – 1.25	0.95 – 1.10
Metionina (%)	0.50 – 0.60	0.45 – 0.55	0.40 – 0.50
Treonina (%)	0.80 – 0.95	0.75 – 0.85	0.65 – 0.80

Nota: EM expresada en Mcal/kg. Se = selenito de sodio ≈ 45 % Se.

National Research Council (NRC). (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th Revised Edition.

Complementado con guías comerciales actualizadas (Ross, Cobb, Hy-Line) y rangos prácticos de formulación.

Valores orientativos en base a materia seca.

Tabla de Requerimientos Nutricionales – Aves de Postura

Fuente: NRC (1994) *Nutrient Requirements of Poultry* + guías comerciales (Hy-Line, Lohmann).

AVES DE POSTURA (Layers)

Nutriente	Iniciación (0–6 sem)	Crecimiento (7–16 sem)	Postura (18+ sem)
Energía Metabolizable (Mcal/kg)	2.80 – 2.95	2.75 – 2.90	2.70 – 2.85
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	18 – 20	15 – 17	15 – 18
Fibra Cruda (%)	3 – 5	3 – 5	3 – 5
Grasa (%)	3 – 5	3 – 5	3 – 5
Cenizas (%)	5 – 7	5 – 7	10 – 14*
Calcio (%)	0.90 – 1.10	0.90 – 1.10	3.50 – 4.20
Fósforo disponible (%)	0.45 – 0.55	0.40 – 0.50	0.35 – 0.45
Sodio (%)	0.15 – 0.20	0.15 – 0.18	0.15 – 0.20
Hierro (ppm)	50 – 80	40 – 70	40 – 70
Manganeso (ppm)	60 – 100	50 – 80	60 – 100
Cobre (ppm)	8 – 12	6 – 10	8 – 12
Zinc (ppm)	60 – 100	50 – 80	60 – 100
Yodo (ppm)	0.35 – 0.50	0.30 – 0.40	0.35 – 0.50

Selenio (ppm)	0.25 – 0.35	0.20 – 0.30	0.25 – 0.35
Vitamina A (UI/kg)	8,000 – 12,000	6,000 – 10,000	8,000 – 12,000
Vitamina D ₃ (UI/kg)	2,000 – 3,000	1,500 – 2,500	2,500 – 4,000
Vitamina E (UI/kg)	20 – 40	15 – 30	20 – 40
Lisina (%)	1.00 – 1.15	0.80 – 0.95	0.75 – 0.90
Metionina (%)	0.40 – 0.50	0.35 – 0.45	0.35 – 0.45
Treonina (%)	0.65 – 0.80	0.55 – 0.70	0.55 – 0.70

**Cenizas altas en postura por el elevado contenido de carbonato de calcio necesario para la formación de la cáscara del huevo. Se = selenito de sodio ≈ 45 % Se.*

1. National Research Council (NRC). (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th Revised Edition. National Academy Press, Washington, D.C.
2. Guías comerciales: Ross (Aviagen), Cobb, Hy-Line, Lohmann – Manuales de manejo y nutrición (ediciones actualizadas).
3. Rostagno et al. Tablas Brasileñas para Aves y Suínos (varias ediciones).

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Ovinos

Fuente: NRC (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants (Sheep, Goats, Cervids).

OVINOS (NRC 2007)

Nutriente	Crecimiento	Desarrollo / engorda	Mantenimiento	Gestación tardía	Lactancia
Rango de peso (kg)	15 – 30	30 – 50	50 – 80	55 – 85	50 – 80
Ganancia (g/día)	200 – 350	180 – 300	0 – 50	50 – 120	—
Leche estimada (kg/día)	—	—	—	—	1.0 – 2.5
EM (Mcal/kg)	2.50 – 2.75	2.40 – 2.65	1.90 – 2.20	2.20 – 2.50	2.40 – 2.70
ENg (Mcal/kg)	0.90 – 1.15	0.80 – 1.05	0.35 – 0.60	0.65 – 0.90	0.80 – 1.10
TND (%)	68 – 75	65 – 73	52 – 62	60 – 70	65 – 74
Almidón (%)	20 – 35	18 – 32	8 – 18	12 – 22	15 – 28
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	16 – 18	14 – 16	9 – 12	12 – 15	14 – 18
Fibra Bruta (%)	12 – 18	14 – 20	18 – 28	15 – 22	12 – 20
FDN (%)	28 – 38	30 – 40	38 – 52	32 – 42	28 – 38
FDA (%)	16 – 24	18 – 26	24 – 34	20 – 28	17 – 25
Grasa (%)	3 – 5	3 – 5	2 – 4	3 – 5	3 – 6
Cenizas (%)	6 – 9	6 – 9	6 – 9	7 – 10	7 – 10

Calcio (%)	0.50 – 0.70	0.40 – 0.60	0.25 – 0.40	0.40 – 0.60	0.45 – 0.70
Fósforo (%)	0.28 – 0.40	0.25 – 0.35	0.18 – 0.28	0.25 – 0.38	0.30 – 0.42
Magnesio (%)	0.12 – 0.20	0.12 – 0.18	0.10 – 0.18	0.12 – 0.20	0.15 – 0.25
Potasio (%)	0.5 – 0.9	0.5 – 0.8	0.5 – 0.8	0.6 – 1.0	0.7 – 1.2
Sodio (%)	0.10 – 0.20	0.09 – 0.18	0.08 – 0.15	0.10 – 0.20	0.12 – 0.25
Hierro (ppm)	40 – 80	35 – 70	30 – 60	40 – 80	40 – 80
Manganeso (ppm)	30 – 50	25 – 45	20 – 40	30 – 50	30 – 50
Cobre (ppm)	8 – 15	8 – 12	7 – 12	8 – 15	8 – 15
Zinc (ppm)	30 – 50	25 – 45	25 – 40	30 – 50	30 – 50
Cobalto (ppm)	0.10 – 0.20	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20
Yodo (ppm)	0.3 – 0.6	0.3 – 0.5	0.3 – 0.5	0.4 – 0.8	0.4 – 0.8
Selenio (ppm)	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30
Vitamina A (UI/kg)	2,000 – 4,000	1,800 – 3,500	1,500 – 3,000	2,500 – 4,500	2,500 – 5,000
Vitamina D (UI/kg)	200 – 400	200 – 350	150 – 300	250 – 500	250 – 500
Vitamina E (UI/kg)	20 – 40	20 – 35	15 – 30	25 – 50	25 – 50

Cobre en ovinos: no superar 15–20 ppm. Fuente: NRC (2007) Small Ruminants.

Valores orientativos en dieta total, base materia seca (excepto humedad). EM = Energía Metabolizable; ENg = Energía Neta de ganancia; TND = Total de Nutrientes Digestibles. Selenio como Se elemental (selenito de sodio ≈ 45 % Se). Los ovinos son muy sensibles al cobre (máx. práctico 15–20 ppm); no usar el mismo premix que en caprinos.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Caprinos

CAPRINOS (NRC 2007)

Nutriente	Crecimiento	Desarrollo / engorda	Mantenimiento	Gestación tardía	Lactancia carne	Lactancia leche
Rango de peso (kg)	10 – 25	25 – 40	40 – 70	45 – 75	40 – 70	45 – 75
Ganancia (g/día)	120 – 200	100 – 180	0 – 40	40 – 90	—	—
Leche estimada (kg/día)	—	—	—	—	1.0 – 2.0	2.0 – 4.5
EM (Mcal/kg)	2.45 – 2.70	2.35 – 2.60	1.95 – 2.25	2.20 – 2.50	2.40 – 2.70	2.50 – 2.80
ENg (Mcal/kg)	0.85 – 1.10	0.75 – 1.00	0.35 – 0.65	0.65 – 0.90	0.80 – 1.10	0.90 – 1.20
TND (%)	66 – 74	64 – 72	54 – 63	60 – 70	65 – 74	68 – 76
Almidón (%)	18 – 32	16 – 28	8 – 18	12 – 22	15 – 26	18 – 28
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	16 – 18	14 – 16	10 – 13	12 – 16	14 – 17	16 – 18
Fibra Bruta (%)	12 – 18	14 – 20	18 – 28	15 – 22	12 – 20	12 – 18
FDN (%)	28 – 38	30 – 42	38 – 52	32 – 42	28 – 38	26 – 36
FDA (%)	16 – 24	18 – 26	24 – 34	20 – 28	17 – 25	16 – 24
Grasa (%)	3 – 5	3 – 5	2 – 4	3 – 5	3 – 6	3 – 6

Cenizas (%)	6 – 9	6 – 9	6 – 9	7 – 10	7 – 10	7 – 10
Calcio (%)	0.50 – 0.75	0.40 – 0.60	0.25 – 0.40	0.40 – 0.65	0.45 – 0.70	0.60 – 0.90
Fósforo (%)	0.30 – 0.42	0.25 – 0.35	0.18 – 0.28	0.25 – 0.40	0.30 – 0.42	0.35 – 0.50
Magnesio (%)	0.12 – 0.20	0.12 – 0.18	0.10 – 0.18	0.12 – 0.20	0.15 – 0.25	0.18 – 0.30
Potasio (%)	0.5 – 0.9	0.5 – 0.8	0.5 – 0.8	0.6 – 1.0	0.7 – 1.2	0.8 – 1.4
Sodio (%)	0.10 – 0.20	0.09 – 0.18	0.08 – 0.15	0.10 – 0.20	0.12 – 0.25	0.15 – 0.28
Hierro (ppm)	40 – 80	35 – 70	30 – 60	40 – 80	40 – 80	50 – 90
Manganeso (ppm)	30 – 50	25 – 45	20 – 40	30 – 50	30 – 50	40 – 60
Cobre (ppm)	10 – 20	10 – 18	8 – 15	10 – 20	10 – 20	12 – 25
Zinc (ppm)	30 – 50	25 – 45	25 – 40	30 – 50	30 – 50	40 – 60
Cobalto (ppm)	0.10 – 0.20	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20
Yodo (ppm)	0.3 – 0.6	0.3 – 0.5	0.3 – 0.5	0.4 – 0.8	0.4 – 0.8	0.5 – 1.0
Selenio (ppm)	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.35
Vitamina A (UI/kg)	2,000 – 4,000	1,800 – 3,500	1,500 – 3,000	2,500 – 4,500	2,500 – 5,000	3,000 – 6,000
Vitamina D (UI/kg)	200 – 400	200 – 350	150 – 300	250 – 500	250 – 500	300 – 600
Vitamina E (UI/kg)	20 – 40	20 – 35	15 – 30	25 – 50	25 – 50	30 – 60

Caprinos lecheros requieren más proteína, Ca, P y EM que ovinos en lactancia. Fuente: NRC (2007) Small Ruminants.

1. National Research Council (NRC). (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Academies Press.
2. NASEM (2016). Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8th Revised Edition (referencia energética comparativa).
3. Literatura de extensión para ovinos y caprinos en sistemas semiáridos del norte de México.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Equinos

NRC (2007) Nutrient Requirements of Horses.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA EQUINOS

Nutriente	Potrillo destete	Potrillo/joven	Adulto mant.	Yegua gest. tardía	Yegua lactante	Competencia / deporte
Edad / condición	4–12 meses	12–24 meses	Adulto	9–11 meses gest.	1–3 meses lact.	Trabajo mod. – intenso
Peso de referencia (kg)	180 – 300	300 – 450	450 – 600	500 – 600	480 – 580	450 – 600
Ganancia estimada (kg/día)	0.60 – 0.90	0.35 – 0.60	0 – 0.15	0.30 – 0.55	—	0 – 0.20
Consumo MS (kg/día)	4.0 – 6.5	6.0 – 9.0	7.5 – 11.0	9.0 – 12.0	11.0 – 14.5	10.0 – 14.0
ED (Mcal/kg)	2.60 – 2.90	2.40 – 2.70	2.00 – 2.25	2.25 – 2.50	2.40 – 2.70	2.40 – 2.80
ED total (Mcal/día) *	14 – 18	16 – 22	16 – 20	20 – 24	26 – 32	23 – 32
TND (%)	70 – 78	65 – 74	55 – 65	62 – 70	66 – 74	66 – 76
Almidón (%)	20 – 32	16 – 28	8 – 18	12 – 22	15 – 25	18 – 30
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	14 – 16	13 – 15	8 – 10	10 – 13	13 – 16	10 – 13
Lisina (%)	0.60 – 0.70	0.50 – 0.65	0.30 – 0.40	0.40 – 0.55	0.50 – 0.70	0.40 – 0.55

Fibra Bruta (%)	12 – 20	15 – 22	18 – 28	16 – 24	14 – 22	14 – 22
FDN (%)	28 – 40	30 – 42	35 – 50	32 – 45	30 – 42	28 – 42
FDA (%)	16 – 26	18 – 28	22 – 32	20 – 28	18 – 26	16 – 26
Grasa (%)	4 – 7	4 – 7	3 – 6	4 – 7	5 – 8	5 – 10
Cenizas (%)	6 – 9	6 – 9	5 – 8	6 – 9	6 – 9	6 – 9
Calcio (%)	0.60 – 0.80	0.50 – 0.70	0.25 – 0.40	0.40 – 0.55	0.50 – 0.70	0.35 – 0.50
Fósforo (%)	0.35 – 0.45	0.30 – 0.40	0.18 – 0.25	0.25 – 0.35	0.30 – 0.40	0.22 – 0.32
Magnesio (%)	0.12 – 0.18	0.12 – 0.16	0.10 – 0.15	0.12 – 0.18	0.12 – 0.20	0.12 – 0.20
Potasio (%)	0.4 – 0.6	0.4 – 0.6	0.3 – 0.5	0.4 – 0.6	0.4 – 0.7	0.5 – 0.8
Sodio (%)	0.12 – 0.20	0.12 – 0.20	0.10 – 0.20	0.12 – 0.22	0.15 – 0.25	0.20 – 0.40
Hierro (ppm)	50 – 100	50 – 90	40 – 80	50 – 100	50 – 100	40 – 80
Manganeso (ppm)	40 – 60	40 – 60	40	40 – 60	40 – 60	40 – 60
Cobre (ppm)	10 – 15	10 – 15	10	10 – 15	10 – 15	10 – 15
Zinc (ppm)	50 – 80	40 – 70	40	40 – 60	40 – 70	40 – 80
Cobalto (ppm)	0.05 – 0.10	0.05 – 0.10	0.05 – 0.10	0.05 – 0.10	0.05 – 0.10	0.05 – 0.10
Yodo (ppm)	0.3 – 0.5	0.3 – 0.5	0.3 – 0.5	0.4 – 0.6	0.4 – 0.6	0.3 – 0.6
Selenio (ppm)	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30	0.15 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30
Vitamina A (UI/kg)	3,000 – 5,000	3,000 – 5,000	2,000 – 3,000	3,000 – 5,000	3,000 – 5,000	3,000 – 5,000

Vitamina D (UI/kg)	500 – 1,000	500 – 1,000	300 – 500	500 – 1,000	500 – 1,000	400 – 800
Vitamina E (UI/kg)	80 – 150	80 – 150	50 – 100	80 – 150	80 – 150	80 – 200

**ED total estimada para caballo de referencia (~500 kg adulto; ajustar por peso). En competencia el sodio, potasio y vitamina E suben por sudoración. Relación Ca:P ideal $\approx$ 1.5–2:1. No superar 0.5 ppm de Se total.*

Nota sobre ED. En caballos la energía de referencia es la Energía Digestible (ED). ED (Mcal/kg) es la densidad energética de la dieta: Megacalorías por kilogramo de materia seca.

ED total (Mcal/día) es el requerimiento diario del animal. Relación: $ED\ total \approx ED\ (Mcal/kg) \times consumo\ de\ MS\ (kg/día)$. Ejemplo: adulto de 500 kg con dieta de 2.10 Mcal/kg y 9 kg de MS/día $\approx$ 18.9 Mcal/día. El potrillo muestra 2.60–2.90 Mcal/kg porque come menos volumen y necesita un alimento más concentrado; el adulto en mantenimiento muestra 2.00–2.25 Mcal/kg porque come más forraje. 1 Mcal = 1,000 kcal. En planta se formula con ED (Mcal/kg); la ED diaria sirve para estimar el consumo.

Nota sobre FDN y FDA. El caballo fermenta la fibra en el intestino grueso. Una dieta baja en forraje o en FDN reduce la motilidad y eleva el riesgo de cólico, acidosis hindgut, úlceras y estereotipias.

La FDN indica llenado y estructura de la ración (28-50 % de la dieta total; más alta en mantenimiento y algo menor en deporte).

La FDA se relaciona con la digestibilidad de la fibra: si aumenta en exceso, baja la energía aprovechable. La fibra bruta sirve como control de planta, pero es menos precisa. Regla practica: ofrecer 1.0-1.5 % del peso vivo en forraje (MS) y no formular un concentrado completo sin un piso de FDN.

En potrillos y caballos de deporte la FDN puede bajar para subir la ED, sin eliminar la fibra efectiva. Por ello FDN y FDA se mantienen en la tabla.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Pavos
NRC (1994) Nutrient Requirements Poultry.

PAVOS DE ENGORDA

Nutriente	Iniciador 0–4 sem	Crecimiento 4–12 sem	Desarrollo 12–16 sem	Finalización 16 sem–faena
Peso aproximado (kg)	0.06 – 1.5	1.5 – 7.0	7.0 – 11.0	11.0 – 18.0
EM (Mcal/kg)	2.80 – 2.95	2.95 – 3.10	3.10 – 3.20	3.20 – 3.30
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	26 – 28	22 – 24	18 – 20	14 – 16
Fibra cruda (%)	3 – 5	3 – 5	3 – 5	3 – 5
Grasa (%)	4 – 7	5 – 8	5 – 8	5 – 8
Cenizas (%)	6 – 8	5 – 7	5 – 7	5 – 7
Calcio (%)	1.20 – 1.40	1.00 – 1.20	0.85 – 1.00	0.70 – 0.85
P disponible (%)	0.60 – 0.70	0.50 – 0.60	0.42 – 0.50	0.35 – 0.42
Magnesio (%)	0.05 – 0.08	0.05 – 0.07	0.05 – 0.07	0.05 – 0.07
Potasio (%)	0.5 – 0.7	0.4 – 0.6	0.4 – 0.6	0.3 – 0.5
Sodio (%)	0.15 – 0.22	0.15 – 0.20	0.15 – 0.20	0.15 – 0.20
Hierro (ppm)	60 – 100	50 – 80	45 – 75	40 – 70

Manganeso (ppm)	60 – 100	50 – 80	45 – 75	40 – 70
Cobre (ppm)	8 – 15	6 – 12	6 – 10	5 – 10
Zinc (ppm)	70 – 100	60 – 90	55 – 85	50 – 80
Cobalto (ppm)	0.1 – 0.2	0.1 – 0.2	0.1 – 0.2	0.1 – 0.2
Yodo (ppm)	0.40 – 0.60	0.35 – 0.50	0.30 – 0.45	0.30 – 0.45
Selenio (ppm)	0.25 – 0.35	0.25 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30
Vitamina A (UI/kg)	10,000 – 15,000	8,000 – 12,000	7,000 – 11,000	6,000 – 10,000
Vitamina D3 (UI/kg)	3,000 – 5,000	2,500 – 4,000	2,200 – 3,800	2,000 – 3,500
Vitamina E (UI/kg)	30 – 60	25 – 50	20 – 45	20 – 40
Lisina (%)	1.55 – 1.65	1.35 – 1.50	1.05 – 1.25	0.70 – 0.90
Metionina (%)	0.52 – 0.58	0.45 – 0.52	0.35 – 0.45	0.25 – 0.35
Treonina (%)	0.95 – 1.05	0.85 – 0.95	0.65 – 0.80	0.50 – 0.65

La EM sube y la proteína baja hacia la finalización. No superar 0.5 ppm de Se total.

PAVOS REPRODUCTORES

Nutriente	Recría 0–6 sem	Desarrollo 6–28 sem	Reproductor en producción
EM (Mcal/kg)	2.80 – 2.95	2.70 – 2.90	2.75 – 2.95
Proteína Cruda (%)	26 – 28	14 – 17	14 – 16
Calcio (%)	1.20 – 1.40	0.80 – 1.10	2.25 – 2.75
P disponible (%)	0.60 – 0.70	0.40 – 0.50	0.35 – 0.45
Lisina (%)	1.50 – 1.65	0.70 – 0.90	0.65 – 0.80
Metionina (%)	0.50 – 0.58	0.30 – 0.40	0.30 – 0.38

En producción el calcio sube por formación de cascarón. Controlar condición corporal en desarrollo para no sobreengrasar reproductores.

BIBLIOGRAFÍA

1. National Research Council (NRC). (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th Revised Edition. National Academy Press.
2. Guías comerciales Hybrid, Nicholas y BUT (Aviagen Turkeys) manuales de nutrición.
3. Rostagno et al. Tablas Brasileñas para Aves y Suínos (ediciones actualizadas).

Documento elaborado para uso técnico en plantas de alimentos balanceados. Los valores son orientativos y deben validarse con análisis de laboratorio y software de formulación.

Notas:

- El pavo exige **más proteína y aminoácidos** que el pollo de engorda, sobre todo al inicio.
- La EM sube y la proteína baja hacia la finalización, igual que en broilers.
- Selenio: selenito de sodio $\approx 45\%$ Se; no superar $\sim 0.3\text{--}0.5$ ppm de Se total.
- Formular aminoácidos con digestibilidad ileal (SID) cuando el software lo permita.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Codorniz de Carne y Huevo (Coturnix japonica)
NRC (1994) Nutrient Requirements Poultry.

CODORNIZ DE CARNE

Nutriente	Iniciador 0–2 sem	Crecimiento 2–5 sem	Finalización 5 sem–faena
Peso aproximado (g)	8 – 80	80 – 180	180 – 250
Consumo (g/ave/día)	6 – 12	12 – 20	20 – 28
EM (Mcal/kg)	2.90 – 3.00	2.95 – 3.10	3.00 – 3.15
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	24 – 28	20 – 22	18 – 20
Fibra cruda (%)	3 – 5	3 – 5	3 – 5
Grasa (%)	4 – 6	4 – 7	4 – 7
Cenizas (%)	6 – 8	5 – 7	5 – 7
Calcio (%)	1.00 – 1.20	0.90 – 1.10	0.80 – 1.00
P disponible (%)	0.50 – 0.60	0.45 – 0.55	0.40 – 0.50
Magnesio (%)	0.05 – 0.08	0.05 – 0.07	0.05 – 0.07
Potasio (%)	0.4 – 0.6	0.4 – 0.6	0.3 – 0.5
Sodio (%)	0.15 – 0.22	0.15 – 0.20	0.15 – 0.20

Hierro (ppm)	80 – 120	60 – 100	50 – 80
Manganeso (ppm)	60 – 90	50 – 80	50 – 80
Cobre (ppm)	6 – 10	6 – 10	5 – 8
Zinc (ppm)	70 – 100	60 – 90	50 – 80
Cobalto (ppm)	0.1 – 0.2	0.1 – 0.2	0.1 – 0.2
Yodo (ppm)	0.30 – 0.50	0.30 – 0.45	0.30 – 0.45
Selenio (ppm)	0.25 – 0.35	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30
Vitamina A (UI/kg)	8,000 – 12,000	7,000 – 10,000	6,000 – 9,000
Vitamina D3 (UI/kg)	2,000 – 3,500	1,800 – 3,000	1,500 – 2,500
Vitamina E (UI/kg)	25 – 50	20 – 40	20 – 40
Lisina (%)	1.30 – 1.50	1.10 – 1.25	0.95 – 1.10
Metionina (%)	0.50 – 0.60	0.42 – 0.52	0.38 – 0.48
Treonina (%)	0.85 – 1.00	0.70 – 0.85	0.60 – 0.75

CODORNIZ DE POSTURA (HUEVO) Coturnix japonica

NRC (1994) Nutrient Requirements Poultry.

Nutriente	Cría 0–3 sem	Desarrollo 3–6 sem	Postura (>6 sem)
Peso aproximado (g)	8 – 90	90 – 140	140 – 220
Consumo (g/ave/día)	6 – 14	14 – 20	18 – 25
EM (Mcal/kg)	2.85 – 2.95	2.80 – 2.90	2.80 – 2.95
Producción esperada	—	—	250 – 300 huevos/año
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	24 – 26	18 – 20	18 – 20
Fibra cruda (%)	3 – 5	3 – 5	3 – 5
Grasa (%)	3 – 5	3 – 5	3 – 5
Cenizas (%)	6 – 8	5 – 7	10 – 13*
Calcio (%)	1.00 – 1.20	0.90 – 1.10	2.50 – 3.00
P disponible (%)	0.50 – 0.60	0.45 – 0.55	0.35 – 0.45
Magnesio (%)	0.05 – 0.08	0.05 – 0.07	0.05 – 0.08
Potasio (%)	0.4 – 0.6	0.4 – 0.6	0.4 – 0.6
Sodio (%)	0.15 – 0.22	0.15 – 0.20	0.15 – 0.20
Hierro (ppm)	80 – 120	60 – 100	60 – 100

Manganeso (ppm)	60 – 90	50 – 80	60 – 90
Cobre (ppm)	6 – 10	6 – 10	6 – 10
Zinc (ppm)	70 – 100	60 – 90	60 – 90
Cobalto (ppm)	0.1 – 0.2	0.1 – 0.2	0.1 – 0.2
Yodo (ppm)	0.30 – 0.50	0.30 – 0.45	0.35 – 0.50
Selenio (ppm)	0.25 – 0.35	0.20 – 0.30	0.25 – 0.35
Vitamina A (UI/kg)	8,000 – 12,000	6,000 – 10,000	8,000 – 12,000
Vitamina D3 (UI/kg)	2,000 – 3,500	1,500 – 2,500	2,000 – 3,500
Vitamina E (UI/kg)	25 – 50	20 – 40	20 – 40
Lisina (%)	1.20 – 1.40	0.90 – 1.05	0.90 – 1.10
Metionina (%)	0.48 – 0.58	0.38 – 0.48	0.40 – 0.50
Treonina (%)	0.80 – 0.95	0.60 – 0.75	0.65 – 0.80

**Cenizas altas en postura por carbonato de calcio. Consumo típico en postura: 15–25 g/ave/día. No superar 0.5 ppm de Se total.*

BIBLIOGRAFÍA

1. National Research Council (NRC). (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th Revised Edition. National Academy Press.
2. Literatura de Coturnix japonica para carne y huevo (manuales de producción y formulación).
3. Rostagno et al. Tablas Brasileñas para Aves y Suínos (referencia comparativa de aminoácidos).

Notas prácticas

- La codorniz come poco (15–25 g/ave/día en postura), por eso la dieta debe ser **densa** en proteína, aminoácidos y calcio.
- No usar la misma fórmula de gallina de postura sin ajustar: el **calcio de la codorniz** es menor que el de la gallina (2.5–3.0 % vs 3.5–4.2 %).
- Selenio: selenito de sodio $\approx$ 45 % Se.
- Presentación: harina fina o mini-pellet; el grano entero no lo aprovecha bien.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Perros
NRC (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA PERROS

Nutriente	Cachorro 0–4 m	Cachorro 4–12 m	Adulto	Gest. tardía	Lactancia	Trabajo/deporte	Senior
EM (Mcal/kg)	3.60 – 4.20	3.50 – 4.00	3.30 – 4.00	3.50 – 4.10	3.70 – 4.30	3.60 – 4.40	3.20 – 3.80
Consumo (% PV/día)	4.0 – 8.0	2.5 – 4.5	1.8 – 3.0	2.5 – 4.0	4.0 – 8.0	2.5 – 5.0	1.6 – 2.6
Humedad (%)	8 – 12	8 – 12	8 – 12	8 – 12	8 – 12	8 – 12	8 – 12
Proteína Cruda (%)	25 – 32	22 – 28	18 – 25	22 – 28	25 – 32	22 – 30	18 – 26
Fibra cruda (%)	2 – 5	2 – 5	2 – 6	2 – 5	2 – 5	2 – 5	3 – 7
Grasa (%)	12 – 20	10 – 16	8 – 15	10 – 16	12 – 20	12 – 22	8 – 14
Cenizas (%)	6 – 9	6 – 8	5 – 8	6 – 9	6 – 9	5 – 8	5 – 8
Calcio (%)	1.00 – 1.60	0.80 – 1.40	0.50 – 1.20	0.80 – 1.40	1.00 – 1.60	0.60 – 1.20	0.50 – 1.10
Fósforo (%)	0.80 – 1.20	0.70 – 1.10	0.40 – 1.00	0.70 – 1.10	0.80 – 1.20	0.50 – 1.00	0.40 – 0.90
Relación Ca:P	1.1–1.5:1	1.1–1.5:1	1.1–2.0:1	1.1–1.8:1	1.1–1.8:1	1.1–2.0:1	1.1–2.0:1
Magnesio (%)	0.06 – 0.12	0.06 – 0.10	0.06 – 0.10	0.06 – 0.12	0.06 – 0.12	0.06 – 0.10	0.06 – 0.10

Potasio (%)	0.6 – 0.9	0.5 – 0.8	0.5 – 0.8	0.6 – 0.9	0.6 – 0.9	0.6 – 0.9	0.5 – 0.8
Sodio (%)	0.30 – 0.50	0.25 – 0.45	0.20 – 0.40	0.25 – 0.45	0.30 – 0.50	0.25 – 0.50	0.15 – 0.35
Hierro (ppm)	80 – 120	70 – 100	40 – 80	70 – 100	80 – 120	50 – 90	40 – 80
Manganeso (ppm)	7 – 15	5 – 12	5 – 10	5 – 12	7 – 15	5 – 12	5 – 10
Cobre (ppm)	10 – 15	8 – 12	7 – 12	8 – 12	10 – 15	7 – 12	7 – 12
Zinc (ppm)	100 – 150	80 – 120	80 – 120	80 – 120	100 – 150	80 – 120	80 – 120
Yodo (ppm)	1.0 – 2.0	1.0 – 1.8	0.8 – 1.5	1.0 – 2.0	1.0 – 2.0	1.0 – 2.0	0.8 – 1.5
Selenio (ppm)	0.30 – 0.40	0.25 – 0.35	0.20 – 0.35	0.25 – 0.35	0.30 – 0.40	0.25 – 0.40	0.20 – 0.35
Vitamina A (UI/kg)	8,000–15,000	6,000–12,000	5,000–10,000	6,000–12,000	8,000–15,000	6,000–12,000	5,000–10,000
Vitamina D (UI/kg)	500 – 1,000	500 – 1,000	500 – 800	500 – 1,000	500 – 1,000	500 – 1,000	400 – 800
Vitamina E (UI/kg)	50 – 100	50 – 80	50 – 80	50 – 100	50 – 100	80 – 150	50 – 100
Lisina (%)	1.20 – 1.60	0.90 – 1.30	0.63 – 1.00	0.90 – 1.30	1.20 – 1.60	0.90 – 1.40	0.70 – 1.10
Metionina (%)	0.45 – 0.65	0.35 – 0.55	0.33 – 0.50	0.35 – 0.55	0.45 – 0.65	0.35 – 0.55	0.33 – 0.50
Treonina (%)	0.80 – 1.10	0.65 – 0.90	0.50 – 0.80	0.65 – 0.90	0.80 – 1.10	0.65 – 0.95	0.50 – 0.80

En lactancia el consumo puede duplicarse o triplicarse. En deporte suben grasa, EM y vitamina E. No superar 0.5 ppm de Se total.

Valores del alimento completo en base materia seca (excepto humedad). EM = Energía Metabolizable (Mcal/kg). Consumo estimado como % del peso vivo por día de alimento seco. Ejemplo: adulto de 20 kg al 2.5 % PV $\approx$ 500 g/día. Relación Ca:P en crecimiento 1.2–1.4:1. En cachorros de raza grande no exceder calcio. Se = selenito de sodio $\approx$ 45 % Se. Fuentes: NRC (2006), AAFCO, FEDIAF.

BIBLIOGRAFÍA

1. National Research Council (NRC). (2006). Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academies Press.
2. AAFCO. Official Publication — Dog Food Nutrient Profiles.
3. FEDIAF. Nutritional Guidelines for Complete and Complementary Pet Food for Dogs and Cats.

BASE DE CÁLCULO

Etapa	Consumo usado (% PV/día)	Tomas al día
Cachorro 0–4 meses	6.0 %	3 – 4
Cachorro 4–12 meses	3.5 %	2 – 3
Adulto mantenimiento	2.4 %	2
Gestación tardía	3.2 %	2 – 3
Lactancia	6.0 %	3 – 4
Trabajo / deporte	3.5 %	2 – 3
Adulto senior	2.1 %	2

Cantidades en gramos de alimento seco completo por perro por día. Se usó el punto medio del consumo como % del peso vivo (PV).
Alimento de referencia: 3.5–4.0 Mcal EM/kg. Repartir en 2 tomas (adulto) o 3–4 tomas (cachorro y lactancia).

DOSIFICACIÓN DIARIA (g de alimento seco / perro / día)

Etapa	5 kg	10 kg	15 kg	20 kg	25 kg	30 kg	40 kg
Cachorro 0–4 meses	300	600	900	1,200	1,500	1,800	—
Cachorro 4–12 meses	175	350	525	700	875	1,050	1,400
Adulto mantenimiento	120	240	360	480	600	720	960
Gestación tardía	160	320	480	640	800	960	1,280
Lactancia	300	600	900	1,200	1,500	1,800	2,400
Trabajo / deporte	175	350	525	700	875	1,050	1,400
Adulto senior	105	210	315	420	525	630	840

El cachorro de 0–4 meses rara vez llega a 40 kg; esa celda se deja sin valor. En razas grandes usar el peso actual, no el peso adulto esperado, y no sobrealimentar calcio ni energía.

Notas importantes

- En **cachorros de raza grande** no subir de más el calcio (riesgo de alteraciones óseas).
- En **lactancia** el consumo puede duplicarse o triplicarse; la densidad de EM y proteína debe ser alta.
- En **deporte** suben grasa, EM y vitamina E.
- Cobalto no se declara como requerimiento práctico en perro (lo cubre la dieta).
- Selenio: selenito de sodio $\approx 45\%$ Se; no superar ~ 0.5 ppm de Se total.
- Relación **Ca:P** cercana a **1.2–1.4:1** en crecimiento.

RANGO PRÁCTICO DE CONSUMO EN ADULTO (g/día)

Peso vivo	Mínimo (1.8 % PV)	Recomendado (2.4 % PV)	Máximo (3.0 % PV)
5 kg	90 g	120 g	150 g
10 kg	180 g	240 g	300 g
15 kg	270 g	360 g	450 g
20 kg	360 g	480 g	600 g
25 kg	450 g	600 g	750 g
30 kg	540 g	720 g	900 g
40 kg	720 g	960 g	1,200 g

Si el perro adelgaza o engorda, moverse dentro de este rango (1.8–3.0 % PV) antes de cambiar de fórmula.

REGLAS DE AJUSTE

1. Evaluar condición corporal cada 2 semanas. Costillas palpables sin exceso de grasa = dosis correcta.
2. Clima frío, actividad alta o gestación/lactancia: subir hacia el máximo. Sedentarismo o sobrepeso: bajar hacia el mínimo.
3. Si el alimento tiene más de 4.0 Mcal/kg, reducir 8–12 % la dosis. Si tiene menos de 3.3 Mcal/kg, aumentar 8–12 %.
4. Agua limpia a libre acceso. No sustituir más del 10–15 % de la ración con premios.
5. Transición de alimento en 5–7 días (25 % / 50 % / 75 % / 100 %).

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Gatos

NRC (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats; AAFCO; FEDIAF.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA GATOS

Nutriente	Gatito 0–4 m	Gatito 4–12 m	Adulto	Gestación	Lactancia	Senior
EM (Mcal/kg)	3.80 – 4.40	3.70 – 4.20	3.50 – 4.20	3.70 – 4.30	3.90 – 4.50	3.40 – 4.00
Consumo (% PV/día)	5.0 – 10.0	3.0 – 5.0	2.0 – 3.5	3.0 – 4.5	4.0 – 8.0	1.8 – 3.0
Humedad (%)	8 – 12	8 – 12	8 – 12	8 – 12	8 – 12	8 – 12
Proteína Cruda (%)	30 – 36	28 – 34	26 – 32	30 – 36	32 – 38	28 – 34
Fibra cruda (%)	1.5 – 4.0	2.0 – 4.5	2.0 – 5.0	2.0 – 4.5	1.5 – 4.0	2.5 – 6.0
Grasa (%)	12 – 20	10 – 18	9 – 16	12 – 18	14 – 22	9 – 15
Cenizas (%)	6 – 9	6 – 8	5 – 8	6 – 9	6 – 9	5 – 8
Calcio (%)	0.80 – 1.40	0.70 – 1.20	0.60 – 1.20	0.80 – 1.40	1.00 – 1.60	0.60 – 1.10
Fósforo (%)	0.70 – 1.20	0.60 – 1.00	0.50 – 1.00	0.70 – 1.20	0.80 – 1.30	0.50 – 0.90
Relación Ca:P	1.1–1.5:1	1.1–1.5:1	1.1–2.0:1	1.1–1.8:1	1.1–1.8:1	1.1–2.0:1
Magnesio (%)	0.08 – 0.12	0.06 – 0.10	0.04 – 0.10	0.06 – 0.12	0.08 – 0.12	0.04 – 0.10
Potasio (%)	0.6 – 0.9	0.5 – 0.8	0.5 – 0.8	0.6 – 0.9	0.6 – 1.0	0.5 – 0.8
Sodio (%)	0.20 – 0.40	0.20 – 0.35	0.20 – 0.40	0.20 – 0.40	0.25 – 0.45	0.15 – 0.35
Hierro (ppm)	80 – 120	70 – 100	80 – 100	80 – 120	80 – 120	80 – 100
Manganeso (ppm)	7 – 15	7 – 12	7 – 10	7 – 12	7 – 15	7 – 10

Cobre (ppm)	8 – 15	7 – 12	5 – 10	7 – 12	8 – 15	5 – 10
Zinc (ppm)	75 – 120	75 – 100	75 – 100	75 – 120	75 – 120	75 – 100
Yodo (ppm)	1.0 – 2.0	0.8 – 1.5	0.6 – 1.5	1.0 – 2.0	1.0 – 2.0	0.6 – 1.5
Selenio (ppm)	0.30 – 0.40	0.25 – 0.35	0.20 – 0.35	0.25 – 0.35	0.30 – 0.40	0.20 – 0.35
Vitamina A (UI/kg)	9,000–15,000	7,000–12,000	5,000–10,000	7,000–12,000	9,000–15,000	5,000–10,000
Vitamina D (UI/kg)	500 – 1,000	500 – 1,000	500 – 750	500 – 1,000	500 – 1,000	400 – 750
Vitamina E (UI/kg)	40 – 80	40 – 70	40 – 70	40 – 80	40 – 80	50 – 90
Lisina (%)	1.20 – 1.60	1.00 – 1.40	0.85 – 1.20	1.00 – 1.40	1.20 – 1.60	0.90 – 1.30
Metionina (%)	0.50 – 0.70	0.40 – 0.60	0.40 – 0.55	0.45 – 0.65	0.50 – 0.70	0.40 – 0.55
Treonina (%)	0.80 – 1.10	0.70 – 0.95	0.60 – 0.85	0.70 – 0.95	0.80 – 1.10	0.65 – 0.90
Taurina (%)	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20	0.10 – 0.25	0.12 – 0.25	0.10 – 0.20
Arginina (%)	1.10 – 1.40	1.00 – 1.30	1.00 – 1.25	1.10 – 1.40	1.20 – 1.50	1.00 – 1.30

Taurina mínima práctica en seco: 0.10 % (1,000 ppm). Vitamina A como retinol, no solo betacaroteno. No superar 0.5 ppm de Se total. Humedad 8–12 % aplica a croqueta; en húmedo la humedad es 75–85 % y los nutrientes se interpretan en base seca.

DOSIFICACIÓN DIARIA (g de alimento seco / gato / día)

Cantidades calculadas con el punto medio del consumo como % del peso vivo. Alimento de referencia: 3.7–4.2 Mcal EM/kg. Repartir en 2 tomas (adulto) o 3–4 tomas (gatito y lactancia).

Etapa	Base (% PV)	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg
Gatito 0–4 meses	7.5 %	150	225	300	—	—
Gatito 4–12 meses	4.0 %	80	120	160	200	—
Adulto mantenimiento	2.5 %	50	75	100	125	150
Gestación	3.5 %	70	105	140	175	210
Lactancia	6.0 %	120	180	240	300	360
Senior	2.2 %	44	66	88	110	132

RANGO PRÁCTICO EN ADULTO (g/día)

Peso vivo	Mínimo (2.0 % PV)	Recomendado (2.5 % PV)	Máximo (3.5 % PV)
2 kg	40 g	50 g	70 g
3 kg	60 g	75 g	105 g
4 kg	80 g	100 g	140 g
5 kg	100 g	125 g	175 g
6 kg	120 g	150 g	210 g

Notas para planta de alimentos

- **Taurina:** aminoácido esencial en gato. En alimento seco se recomienda ≥ 0.10 % (1,000 ppm); en húmedo suele ir más alta por pérdidas de proceso.
- **Arginina:** no puede faltar; una comida sin arginina puede provocar hiperamonemia.
- **Vitamina A:** debe ir como retinol, no solo como betacaroteno.
- **Magnesio:** no subirlo en exceso en adultos (relacionado con urolitiasis en algunos casos); el control de pH urinario importa más que un solo mineral.
- Selenio: selenito de sodio ≈ 45 % Se; no superar ~ 0.5 ppm de Se total.
- Humedad 8–12 % aplica a **croqueta**. En alimento húmedo la humedad es 75–85 % y los nutrientes se expresan igual, pero en base seca.

REGLAS DE AJUSTE

1. Evaluar condición corporal cada 2 semanas. Costillas palpables sin exceso de grasa = dosis correcta.
2. Lactancia, frío o actividad alta: subir hacia el máximo. Sobrepeso o sedentarismo: bajar hacia el mínimo.
3. Si el alimento supera 4.3 Mcal/kg, reducir 8–12 % la dosis. Si está por debajo de 3.4 Mcal/kg, aumentar 8–12 %.
4. Agua limpia a libre acceso. Transición de alimento en 5–7 días.
5. No usar fórmula de perro para gato: falta taurina, arginina y densidad proteica suficientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. National Research Council (NRC). (2006). Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academies Press.
2. AAFCO. Official Publication — Cat Food Nutrient Profiles.
3. FEDIAF. Nutritional Guidelines for Complete and Complementary Pet Food for Dogs and Cats.

Documento elaborado para uso técnico en plantas de alimentos balanceados. Los valores son orientativos y deben validarse con análisis de laboratorio, peso y condición corporal.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Venado cola blanca

Fuente: NRC (2007) Small Ruminants (ovinos silvestres / cérvidos como analogía) + ajustes de manejo en semicautiverio y agostadero del norte de México.

VENADO COLA BLANCA — ETAPAS PRODUCTIVAS

Nutriente	Cría / crec.	Desarrollo	Mantenimiento	Gestación tardía	Lactancia	Semental / expo
Rango de peso (kg)	8 – 25	25 – 45	40 – 70	45 – 75	40 – 70	50 – 90
Ganancia (g/día)	120 – 220	80 – 160	0 – 40	40 – 90	—	0 – 60
EM (Mcal/kg)	2.50 – 2.75	2.35 – 2.60	2.00 – 2.30	2.20 – 2.50	2.40 – 2.70	2.20 – 2.50
ENg (Mcal/kg)	0.90 – 1.15	0.75 – 1.00	0.40 – 0.70	0.65 – 0.90	0.80 – 1.10	0.60 – 0.90
TND (%)	68 – 75	64 – 72	55 – 64	60 – 70	65 – 74	60 – 70
Almidón (%)	18 – 32	15 – 28	8 – 18	12 – 22	15 – 26	12 – 22
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	16 – 20	14 – 16	10 – 13	12 – 16	14 – 18	12 – 16
Fibra Bruta (%)	12 – 18	14 – 22	18 – 28	15 – 22	12 – 20	15 – 22
FDN (%)	28 – 38	30 – 42	38 – 52	32 – 42	28 – 38	32 – 42
FDA (%)	16 – 24	18 – 26	24 – 34	20 – 28	17 – 25	20 – 28
Grasa (%)	3 – 6	3 – 5	2 – 4	3 – 5	3 – 6	3 – 5
Cenizas (%)	6 – 9	6 – 9	6 – 9	7 – 10	7 – 10	6 – 9

Calcio (%)	0.55 – 0.80	0.45 – 0.65	0.30 – 0.50	0.45 – 0.70	0.50 – 0.80	0.40 – 0.65
Fósforo (%)	0.32 – 0.45	0.28 – 0.38	0.20 – 0.32	0.28 – 0.40	0.32 – 0.45	0.28 – 0.40
Magnesio (%)	0.15 – 0.25	0.12 – 0.20	0.10 – 0.18	0.15 – 0.25	0.15 – 0.25	0.12 – 0.22
Potasio (%)	0.6 – 1.0	0.5 – 0.9	0.5 – 0.8	0.6 – 1.0	0.7 – 1.2	0.6 – 1.0
Sodio (%)	0.10 – 0.20	0.08 – 0.18	0.08 – 0.15	0.10 – 0.20	0.12 – 0.25	0.10 – 0.20
Hierro (ppm)	50 – 90	40 – 80	40 – 70	50 – 90	50 – 90	40 – 80
Manganeso (ppm)	30 – 50	25 – 45	20 – 40	30 – 50	30 – 50	30 – 50
Cobre (ppm)	10 – 20	10 – 18	8 – 15	10 – 20	10 – 20	10 – 20
Zinc (ppm)	40 – 70	35 – 60	30 – 50	40 – 70	40 – 70	40 – 80
Cobalto (ppm)	0.10 – 0.20	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20
Yodo (ppm)	0.3 – 0.6	0.3 – 0.5	0.3 – 0.5	0.4 – 0.8	0.4 – 0.8	0.3 – 0.6
Selenio (ppm)	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30
Vitamina A (UI/kg)	2,500 – 5,000	2,000 – 4,000	1,500 – 3,500	3,000 – 5,000	3,000 – 6,000	2,500 – 5,000
Vitamina D (UI/kg)	250 – 500	200 – 400	150 – 350	250 – 500	250 – 500	200 – 450
Vitamina E (UI/kg)	25 – 50	20 – 40	15 – 35	25 – 50	30 – 60	25 – 60

En sementales y exposición subir proteína, zinc y vitamina E por cornamenta y condición. Lactancia (junio–septiembre en el norte de México) es la etapa de mayor demanda. No 224upercar 0.5 ppm de Se total.

AGOSTADERO — REFERENCIA DE CAMPO

Variable	Época de lluvias	Época seca
Proteína Cruda (%)	10 – 16	6 – 10
TND (%)	55 – 68	45 – 58
EM (Mcal/kg)	2.00 – 2.45	1.70 – 2.10
FDN (%)	35 – 50	42 – 58
Consumo MS (% PV)	2.2 – 3.2	1.8 – 2.6

En seca casi siempre se requiere suplemento proteico-energético (16–20 % PC; 2.4–2.6 Mcal EM/kg) a 0.3–0.8 % del peso vivo.
Consumo típico de suplemento en comedero: 0.4–1.2 kg/animal/día, según calidad del agostadero.

NOTA METODOLÓGICA

Valores de la dieta total en base materia seca (excepto humedad). EM = Energía Metabolizable; Eng = Energía Neta de ganancia; TND = Total de Nutrientes Digestibles. El venado tolera más cobre que el ovino (10–20 ppm): no usar premix de borrego. Selenio como Se elemental (selenito de sodio $\approx$ 45 % Se). Fuente: NRC (2007) Small Ruminants — Cervids + ajustes de rancho cinegético.

Notas prácticas

- El venado tolera **más cobre que el ovino** (10–20 ppm). No usar premix de borrego.
- En **sementales y exposición** subir un poco proteína, zinc y vitamina E por cornamenta y condición.
- En **lactancia** (junio–septiembre en el norte de México) la demanda de energía y proteína es la más alta del año.
- Selenio: selenito de sodio $\approx$ 45 % Se; no superar $\sim$ 0.3–0.5 ppm de Se total.
- Consumo típico de suplemento en comedero: 0.4–1.2 kg/animal/día, según calidad del agostadero.

BIBLIOGRAFÍA

1. National Research Council (NRC). (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Academies Press.
2. Literatura de manejo nutricional de venado cola blanca en ranchos cinegéticos del norte de México.
3. NASEM (2016). Nutrient Requirements of Beef Cattle (referencia energética comparativa de rumiantes).

Documento elaborado para uso técnico en plantas de alimentos balanceados. Los valores son orientativos y deben validarse con análisis de forraje, época del año y condición corporal.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Borrego cimarrón

Fuente: NRC (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants (Sheep, Goats, Cervids).

BORREGO CIMARRÓN — ETAPAS PRODUCTIVAS

Nutriente	Cordero crecimiento	Desarrollo	Mantenimiento	Gest. Tardía	Lactancia	Semental / empadre
Rango de peso (kg)	12 – 30	30 – 55	55 – 90	60 – 95	55 – 85	70 – 120
Ganancia (g/día)	150 – 250	80 – 160	0 – 40	40 – 100	—	0 – 50
EM (Mcal/kg)	2.45 – 2.70	2.30 – 2.55	1.90 – 2.25	2.20 – 2.50	2.35 – 2.65	2.15 – 2.45
Eng (Mcal/kg)	0.85 – 1.10	0.70 – 0.95	0.35 – 0.65	0.60 – 0.90	0.75 – 1.05	0.55 – 0.85
TND (%)	66 – 74	62 – 70	52 – 62	60 – 70	64 – 73	58 – 68
Almidón (%)	16 – 28	12 – 24	6 – 16	10 – 20	12 – 24	10 – 20
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	16 – 18	13 – 16	9 – 12	12 – 15	14 – 17	12 – 15
Fibra Bruta (%)	12 – 18	15 – 22	18 – 28	15 – 22	12 – 20	15 – 22
FDN (%)	28 – 38	32 – 42	38 – 52	32 – 42	28 – 38	32 – 44
FDA (%)	16 – 24	18 – 26	24 – 34	20 – 28	17 – 25	20 – 28
Grasa (%)	3 – 5	3 – 5	2 – 4	3 – 5	3 – 6	3 – 5
Cenizas (%)	6 – 9	6 – 9	6 – 9	7 – 10	7 – 10	6 – 9

Calcio (%)	0.50 – 0.70	0.40 – 0.60	0.25 – 0.40	0.40 – 0.60	0.45 – 0.70	0.35 – 0.55
Fósforo (%)	0.28 – 0.40	0.25 – 0.35	0.18 – 0.28	0.25 – 0.38	0.30 – 0.42	0.25 – 0.35
Magnesio (%)	0.12 – 0.20	0.12 – 0.18	0.10 – 0.18	0.12 – 0.20	0.15 – 0.25	0.12 – 0.20
Potasio (%)	0.5 – 0.9	0.5 – 0.8	0.5 – 0.8	0.6 – 1.0	0.7 – 1.2	0.6 – 1.0
Sodio (%)	0.10 – 0.20	0.08 – 0.18	0.08 – 0.15	0.10 – 0.20	0.12 – 0.25	0.10 – 0.20
Hierro (ppm)	40 – 80	35 – 70	30 – 60	40 – 80	40 – 80	35 – 70
Manganeso (ppm)	30 – 50	25 – 45	20 – 40	30 – 50	30 – 50	25 – 45
Cobre (ppm)	8 – 15	8 – 12	7 – 12	8 – 15	8 – 15	8 – 12
Zinc (ppm)	30 – 50	25 – 45	25 – 40	30 – 50	30 – 50	30 – 55
Cobalto (ppm)	0.10 – 0.20	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20	0.10 – 0.15
Yodo (ppm)	0.3 – 0.6	0.3 – 0.5	0.3 – 0.5	0.4 – 0.8	0.4 – 0.8	0.3 – 0.6
Selenio (ppm)	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30	0.15 – 0.30
Vitamina A (UI/kg)	2,000 – 4,000	1,800 – 3,500	1,500 – 3,000	2,500 – 4,500	2,500 – 5,000	2,000 – 4,000
Vitamina D (UI/kg)	200 – 400	200 – 350	150 – 300	250 – 500	250 – 500	200 – 400
Vitamina E (UI/kg)	20 – 40	20 – 35	15 – 30	25 – 50	25 – 50	25 – 50

Cobre: no superar 15 ppm. En empadre priorizar proteína, Zn, P y vitamina E, sin densificar como una engorda comercial. No superar 0.5 ppm de Se total.

AGOSTADERO — SIERRA / DESIERTO CHIHUAHUENSE

Variable	Época de lluvias	Época seca
Proteína Cruda (%)	8 – 14	5 – 9
TND (%)	52 – 65	42 – 55
EM (Mcal/kg)	1.90 – 2.35	1.60 – 2.00
FDN (%)	38 – 52	45 – 60
Consumo MS (% PV)	2.0 – 3.0	1.6 – 2.4

En seca el forraje casi nunca cubre gestación ni lactancia. Suplemento típico: 14–18 % PC y 2.3–2.5 Mcal EM/kg, a 0.3–0.7 % del peso vivo (0.3–0.8 kg/animal/día).

BIBLIOGRAFÍA

1. National Research Council (NRC). (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Academies Press.
2. Literatura de manejo de Ovis canadensis en semicautiverio y agostaderos del norte de México.
3. NRC (2007) ovino doméstico como analogía fisiológica de cobre, energía y proteína.

Documento elaborado para uso técnico en plantas de alimentos balanceados. Los valores son orientativos y deben validarse con análisis de forraje, época del año y condición corporal.

Diferencias clave vs venado y ovino doméstico

- **Cobre:** igual que borrego doméstico. Máximo práctico **15 ppm**. El premix de venado o cabra puede intoxicar.
- Come más **browse y espartillo** que un ovino de corral; no subir demasiado el almidón (acidosis, urolitiasis).
- En **empadre y cornamenta** priorizar proteína, Zn, P y vitamina E, sin densificar como una engorda de borrego comercial.
- Selenio: selenito de sodio $\approx 45\%$ Se; no superar $\sim 0.3\text{--}0.5$ ppm de Se total.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Pato Postura / Huevo

Fuente: NRC (1994) Nutrient Requirements of Poultry (patos) + guías comerciales de postura.

RECRÍA DEL PATO DESTINADO A POSTURA

Nutriente	Iniciador 0–3 sem	Crecimiento 3–8 sem	Desarrollo 8–18 sem
Peso aproximado (kg)	0.05 – 0.7	0.7 – 1.8	1.8 – 2.6
EM (Mcal/kg)	2.80 – 2.95	2.75 – 2.90	2.65 – 2.80
Consumo (g/ave/día)	30 – 80	80 – 150	130 – 180
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	20 – 22	16 – 18	14 – 16
Fibra cruda (%)	3 – 5	3 – 6	4 – 7
Grasa (%)	3 – 6	3 – 5	3 – 5
Cenizas (%)	5 – 7	5 – 7	5 – 7
Calcio (%)	0.90 – 1.10	0.80 – 1.00	0.80 – 1.10
P disponible (%)	0.45 – 0.55	0.40 – 0.50	0.35 – 0.45
Magnesio (%)	0.05 – 0.08	0.05 – 0.07	0.05 – 0.07
Potasio (%)	0.4 – 0.6	0.4 – 0.6	0.4 – 0.6
Sodio (%)	0.15 – 0.22	0.15 – 0.20	0.14 – 0.20

Hierro (ppm)	60 – 100	50 – 80	40 – 70
Manganeso (ppm)	50 – 80	50 – 70	40 – 70
Cobre (ppm)	8 – 12	6 – 10	6 – 10
Zinc (ppm)	60 – 90	50 – 80	50 – 80
Yodo (ppm)	0.30 – 0.50	0.30 – 0.45	0.30 – 0.45
Selenio (ppm)	0.20 – 0.35	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30
Vitamina A (UI/kg)	8,000 – 12,000	6,000 – 10,000	6,000 – 10,000
Vitamina D3 (UI/kg)	2,000 – 3,500	1,500 – 2,500	1,500 – 2,500
Vitamina E (UI/kg)	20 – 40	15 – 30	15 – 30
Lisina (%)	1.00 – 1.15	0.80 – 0.95	0.65 – 0.80
Metionina (%)	0.40 – 0.50	0.32 – 0.42	0.28 – 0.38
Treonina (%)	0.70 – 0.85	0.55 – 0.70	0.50 – 0.65

PATO EN POSTURA (PRODUCCIÓN DE HUEVO)

Nutriente	Inicio de postura	Postura pico	Postura tardía
Edad aproximada	18 – 26 sem	26 – 50 sem	> 50 sem
Producción esperada	50 – 80 %	80 – 92 %	60 – 80 %
EM (Mcal/kg)	2.70 – 2.85	2.70 – 2.85	2.65 – 2.80
Consumo (g/ave/día)	160 – 200	180 – 230	170 – 210
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	17 – 19	16 – 18	15 – 17
Fibra cruda (%)	3 – 6	3 – 6	4 – 7
Grasa (%)	3 – 6	3 – 6	3 – 5
Cenizas (%)	9 – 13*	9 – 13*	8 – 12*
Calcio (%)	2.80 – 3.30	3.00 – 3.50	3.20 – 3.60
P disponible (%)	0.35 – 0.45	0.32 – 0.42	0.30 – 0.40
Magnesio (%)	0.05 – 0.08	0.05 – 0.08	0.05 – 0.08
Potasio (%)	0.4 – 0.6	0.4 – 0.6	0.4 – 0.6
Sodio (%)	0.15 – 0.20	0.15 – 0.20	0.15 – 0.20
Hierro (ppm)	50 – 80	50 – 80	40 – 70
Manganeso (ppm)	50 – 80	60 – 90	50 – 80

Cobre (ppm)	8 – 12	8 – 12	6 – 10
Zinc (ppm)	60 – 90	60 – 90	50 – 80
Yodo (ppm)	0.35 – 0.50	0.35 – 0.50	0.30 – 0.45
Selenio (ppm)	0.20 – 0.35	0.25 – 0.35	0.20 – 0.30
Vitamina A (UI/kg)	8,000 – 12,000	8,000 – 12,000	7,000 – 10,000
Vitamina D3 (UI/kg)	2,500 – 4,000	2,500 – 4,000	2,000 – 3,500
Vitamina E (UI/kg)	20 – 40	20 – 40	15 – 35
Lisina (%)	0.80 – 0.95	0.75 – 0.90	0.70 – 0.85
Metionina (%)	0.35 – 0.45	0.32 – 0.42	0.30 – 0.40
Treonina (%)	0.55 – 0.70	0.52 – 0.65	0.50 – 0.62

*Cenizas altas por carbonato de calcio. Niacina recomendada en iniciador: 50–70 ppm. No superar 0.5 ppm de Se total.

BIBLIOGRAFÍA

1. National Research Council (NRC). (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th Revised Edition. National Academy Press.
2. Guías comerciales de pato de postura (Pekín postura, Tsaiya, Khaki Campbell).
3. Rostagno et al. Tablas Brasileñas para Aves y Suínos (referencia comparativa).

Documento elaborado para uso técnico en plantas de alimentos balanceados. Los valores son orientativos y deben validarse con análisis de laboratorio y software de formulación.

Notas prácticas

- El pato **come más** que la gallina (180–230 g/día en pico vs 100–120 g).
- El **calcio de postura** (2.8–3.5 %) es un poco menor que en gallina (3.5–4.2 %).
- Niacina: el pato es más exigente que el pollo; en iniciador conviene 50–70 ppm.
- Presentación: harina o pellet suave; el pato maneja bien dietas húmedas.
- Selenio: selenito de sodio ≈ 45 % Se; no superar ~ 0.3 – 0.5 ppm de Se total.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Avestruz (*Struthio camelus*)

Fuentes: literatura de ratites (producción comercial de Sudáfrica/Australia), analogía con NRC Poultry y manejo de fibra tipo equino.

Nutriente	Pollito 0–3 m	Crecim. 3–6 m	Desarr. 6–12 m	Adulto mant.	Reprod. / postura
Peso aproximado (kg)	0.8 – 25	25 – 60	60 – 100	100 – 150	110 – 160
Ganancia (g/día)	250 – 400	300 – 450	200 – 350	0 – 80	—
EM (Mcal/kg)	2.50 – 2.70	2.40 – 2.60	2.30 – 2.50	2.10 – 2.35	2.30 – 2.55
Consumo MS (kg/día)	0.15 – 0.80	0.80 – 1.60	1.40 – 2.40	2.00 – 3.20	2.20 – 3.50
TND (%)	65 – 72	62 – 70	58 – 66	52 – 62	60 – 68
Almidón (%)	18 – 28	15 – 25	12 – 22	8 – 16	12 – 22
Humedad (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Proteína Cruda (%)	20 – 24	17 – 20	14 – 17	12 – 15	16 – 20
Fibra Bruta (%)	6 – 10	8 – 14	10 – 16	12 – 18	10 – 16
FDN (%)	18 – 28	22 – 32	26 – 38	30 – 45	26 – 38
FDA (%)	10 – 16	12 – 20	15 – 24	18 – 28	15 – 24
Grasa (%)	4 – 7	3 – 6	3 – 5	2 – 5	3 – 6
Cenizas (%)	6 – 8	6 – 8	6 – 8	6 – 9	8 – 12*
Calcio (%)	1.20 – 1.50	1.00 – 1.30	0.90 – 1.20	0.80 – 1.10	2.00 – 2.80
P disponible (%)	0.55 – 0.70	0.45 – 0.60	0.40 – 0.50	0.35 – 0.45	0.40 – 0.55

Magnesio (%)	0.15 – 0.25	0.12 – 0.20	0.12 – 0.18	0.10 – 0.18	0.15 – 0.25
Potasio (%)	0.6 – 0.9	0.5 – 0.8	0.5 – 0.8	0.5 – 0.8	0.6 – 1.0
Sodio (%)	0.15 – 0.25	0.15 – 0.22	0.12 – 0.20	0.12 – 0.20	0.15 – 0.25
Hierro (ppm)	80 – 120	60 – 100	50 – 80	50 – 80	60 – 100
Manganeso (ppm)	70 – 100	60 – 90	50 – 80	50 – 80	70 – 100
Cobre (ppm)	10 – 20	8 – 15	8 – 12	8 – 12	10 – 15
Zinc (ppm)	80 – 120	70 – 100	60 – 90	60 – 90	70 – 110
Cobalto (ppm)	0.10 – 0.20	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.10 – 0.20
Yodo (ppm)	0.4 – 0.8	0.3 – 0.6	0.3 – 0.5	0.3 – 0.5	0.4 – 0.8
Selenio (ppm)	0.25 – 0.35	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30	0.15 – 0.30	0.20 – 0.35
Vitamina A (UI/kg)	10,000 – 15,000	8,000 – 12,000	6,000 – 10,000	5,000 – 8,000	8,000 – 12,000
Vitamina D3 (UI/kg)	2,500 – 4,000	2,000 – 3,500	1,500 – 3,000	1,200 – 2,500	2,500 – 4,000
Vitamina E (UI/kg)	40 – 80	30 – 60	25 – 50	20 – 40	40 – 80
Lisina (%)	1.10 – 1.30	0.90 – 1.10	0.70 – 0.90	0.55 – 0.75	0.75 – 0.95
Metionina (%)	0.40 – 0.50	0.32 – 0.42	0.25 – 0.35	0.20 – 0.30	0.30 – 0.40
Treonina (%)	0.70 – 0.90	0.60 – 0.75	0.50 – 0.65	0.40 – 0.55	0.55 – 0.70

**Cenizas altas en postura por carbonato de calcio. Huevo de avestruz ≈ 1.4–1.8 kg: calcio 2.00–2.80 % y vitamina D3 altas. Presentación: pellet mediano + forraje o heno a libre acceso. No superar 0.5 ppm de Se total.*

BIBLIOGRAFÍA

1. Literatura de producción comercial de ratites (Sudáfrica, Australia) — manuales de crecimiento y reproductores.
2. National Research Council (NRC). (1994). Nutrient Requirements of Poultry (analogía de vitaminas y aminoácidos).
3. NRC (2007). Nutrient Requirements of Horses (analogía de fibra efectiva / fermentación hindgut).

Documento elaborado para uso técnico en plantas de alimentos balanceados. Los valores son orientativos y deben validarse con análisis de laboratorio, forraje y condición corporal.

Energía de referencia: **Energía Metabolizable (EM)**.

El avestruz no se formula como pollo. Fermenta fibra en intestino grueso: necesita **FDN/fibra efectiva** y no tolera dietas muy altas en almidón.

* Cenizas altas en postura por carbonato de calcio.

Notas prácticas

- No copiar la fórmula de pollo: el avestruz necesita **más fibra y menos almidón**.
- En pollitos, el exceso de almidón y la falta de fibra suben diarreas e impactación.
- En hembras en postura el huevo es grande (~1.4–1.8 kg): **calcio 2.0–2.80 %** y vitamina D₃ altas.
- Consumo de adulto: **2.0–3.5 kg MS/día** (forraje + concentrado).
- Selenio: selenito de sodio ≈ 45 % Se; no superar ~0.5 ppm de Se total.
- Presentación: pellet mediano + forraje picado o heno a libre acceso.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Peces

Fuente: NRC (2011) Nutrient Requirements of Fish and Shrimp + guías comerciales de acuicultura.

TILAPIA (*Oreochromis* spp.)

Nutriente	Alevín	Cría	Engorda	Reproductor
Peso	0.02 – 1 g	1 – 20 g	20 – 500 g	Adulto
EM/ED (Mcal/kg)	3.20 – 3.50	3.00 – 3.30	2.80 – 3.20	2.90 – 3.30
Consumo (% PV/día)	8 – 15	4 – 8	1.5 – 4.0	1.0 – 2.5
Humedad (%)	8 – 11	8 – 11	8 – 11	8 – 11
Proteína Cruda (%)	40 – 50	32 – 40	26 – 32	30 – 36
Fibra cruda (%)	2 – 4	3 – 6	4 – 8	3 – 6
Grasa (%)	8 – 12	6 – 10	5 – 8	6 – 10
Cenizas (%)	8 – 12	8 – 12	8 – 12	8 – 12
Calcio (%)	0.8 – 1.5	0.6 – 1.2	0.5 – 1.0	0.6 – 1.2
P disponible (%)	0.8 – 1.2	0.6 – 0.9	0.5 – 0.8	0.6 – 0.9
Magnesio (%)	0.05 – 0.08	0.04 – 0.07	0.04 – 0.06	0.04 – 0.07
Sodio (%)	0.15 – 0.30	0.15 – 0.25	0.10 – 0.25	0.15 – 0.25
Hierro (ppm)	30 – 60	30 – 50	30 – 50	30 – 50

Manganeso (ppm)	12 – 20	10 – 15	10 – 15	10 – 15
Cobre (ppm)	5 – 10	4 – 8	3 – 6	4 – 8
Zinc (ppm)	30 – 50	20 – 40	20 – 30	20 – 40
Yodo (ppm)	1 – 3	1 – 2	1 – 2	1 – 2
Selenio (ppm)	0.25 – 0.40	0.20 – 0.35	0.20 – 0.30	0.25 – 0.40
Vitamina A (UI/kg)	5,000 – 10,000	4,000 – 8,000	3,000 – 6,000	5,000 – 10,000
Vitamina D3 (UI/kg)	2,000 – 3,000	1,500 – 2,500	1,500 – 2,500	2,000 – 3,000
Vitamina E (UI/kg)	50 – 100	50 – 80	50 – 80	80 – 150
Lisina (%)	2.0 – 2.4	1.6 – 2.0	1.4 – 1.7	1.6 – 2.0
Metionina (%)	0.8 – 1.1	0.6 – 0.9	0.5 – 0.7	0.6 – 0.9
Treonina (%)	1.3 – 1.6	1.1 – 1.4	0.9 – 1.2	1.1 – 1.4

Valores del alimento completo en base materia seca (excepto humedad). Energía: EM/ED en Mcal/kg. No existe una sola fórmula de pez: tilapia es omnívora de agua cálida, trucha es carnívora de agua fría y bagre es omnívoro de fondo. Consumo como % del peso vivo por día. Fósforo disponible es crítico por nutrición y efluentes. Se = selenito de sodio $\approx$ 45 % Se. Fuente: NRC (2011) Fish and Shrimp.

TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

Nutriente	Alevín	Cría	Engorda	Reproductor
Peso	0.1 – 2 g	2 – 20 g	20 – 400 g	Adulto
ED (Mcal/kg)	4.20 – 4.60	4.00 – 4.40	3.80 – 4.20	4.00 – 4.40
Consumo (% PV/día)	6 – 10	3 – 6	1.2 – 3.0	0.8 – 2.0
Humedad (%)	8 – 11	8 – 11	8 – 11	8 – 11
Proteína Cruda (%)	48 – 55	42 – 48	38 – 44	40 – 46
Fibra cruda (%)	1 – 3	1 – 3	2 – 4	2 – 4
Grasa (%)	14 – 20	12 – 18	12 – 16	12 – 18
Cenizas (%)	8 – 12	8 – 11	8 – 11	8 – 12
Calcio (%)	1.0 – 1.8	0.8 – 1.5	0.6 – 1.2	0.8 – 1.5
P disponible (%)	0.8 – 1.2	0.7 – 1.0	0.6 – 0.9	0.7 – 1.0
Magnesio (%)	0.05 – 0.08	0.04 – 0.07	0.04 – 0.06	0.05 – 0.08
Sodio (%)	0.20 – 0.40	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30
Hierro (ppm)	30 – 60	30 – 50	30 – 50	30 – 60
Manganeso (ppm)	13 – 20	10 – 15	10 – 15	10 – 15
Cobre (ppm)	5 – 10	3 – 6	3 – 6	3 – 6
Zinc (ppm)	30 – 60	20 – 40	20 – 30	20 – 40

Yodo (ppm)	1 – 5	1 – 3	1 – 2	1 – 3
Selenio (ppm)	0.25 – 0.40	0.20 – 0.35	0.20 – 0.30	0.25 – 0.40
Vitamina A (UI/kg)	5,000 – 10,000	4,000 – 8,000	3,000 – 6,000	5,000 – 10,000
Vitamina D3 (UI/kg)	2,000 – 3,000	1,800 – 2,500	1,500 – 2,400	2,000 – 3,000
Vitamina E (UI/kg)	80 – 150	80 – 120	50 – 100	100 – 200
Lisina (%)	2.4 – 2.8	2.0 – 2.4	1.8 – 2.2	2.0 – 2.4
Metionina (%)	1.0 – 1.3	0.8 – 1.1	0.7 – 1.0	0.8 – 1.1
Treonina (%)	1.5 – 1.8	1.3 – 1.6	1.1 – 1.4	1.3 – 1.6

La trucha exige más grasa, proteína y ED que tilapia o bagre.

BAGRE DE CANAL (*Ictalurus punctatus*)

Nutriente	Alevín	Cría	Engorda	Reproductor
Peso	0.05 – 2 g	2 – 20 g	20 – 800 g	Adulto
ED (Mcal/kg)	3.20 – 3.50	3.00 – 3.30	2.70 – 3.10	2.90 – 3.30
Consumo (% PV/día)	6 – 12	3 – 6	1.5 – 3.5	1.0 – 2.0
Humedad (%)	8 – 11	8 – 11	8 – 11	8 – 11
Proteína Cruda (%)	40 – 48	32 – 36	26 – 32	32 – 36
Fibra cruda (%)	2 – 4	3 – 6	4 – 8	3 – 6
Grasa (%)	8 – 12	6 – 10	5 – 8	6 – 10
Cenizas (%)	8 – 12	8 – 12	8 – 12	8 – 12
Calcio (%)	0.8 – 1.5	0.6 – 1.2	0.5 – 1.0	0.6 – 1.2
P disponible (%)	0.7 – 1.1	0.5 – 0.8	0.4 – 0.7	0.5 – 0.8
Sodio (%)	0.15 – 0.30	0.15 – 0.25	0.10 – 0.25	0.15 – 0.25
Zinc (ppm)	20 – 40	20 – 30	20 – 30	20 – 30
Selenio (ppm)	0.25 – 0.35	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30	0.25 – 0.35
Vitamina A (UI/kg)	4,000 – 8,000	3,000 – 6,000	3,000 – 5,000	4,000 – 8,000
Vitamina D3 (UI/kg)	1,500 – 2,500	1,200 – 2,000	1,200 – 2,000	1,500 – 2,500

Vitamina E (UI/kg)	50 – 100	50 – 80	50 – 80	80 – 150
Lisina (%)	2.0 – 2.4	1.5 – 1.8	1.2 – 1.6	1.5 – 1.8
Metionina (%)	0.7 – 1.0	0.5 – 0.7	0.4 – 0.6	0.5 – 0.7

Presentación: harina o crumble en alevín; pellet hundible o flotante según especie y sistema. No superar 0.5 ppm de Se total.

BIBLIOGRAFÍA

1. National Research Council (NRC). (2011). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academies Press.
2. Manuales comerciales de tilapia, trucha y bagre (alimento flotante / hundible).
3. FAO. Aquaculture feed and fertilizer resources — perfiles de especie.

Documento elaborado para uso técnico en plantas de alimentos balanceados. Los valores son orientativos y deben validarse con temperatura del agua, densidad y análisis de laboratorio.

Energía de referencia: **Energía Digestible (ED)** o **EM**, según especie.
En planta no hay “una sola fórmula de pez”. Se separa por hábito:

- **Omnívoro de agua cálida:** tilapia
- **Carnívoro de agua fría:** trucha arcoíris
- **Omnívoro de fondo:** bagre de canal

Notas para planta

- En peces la proteína y los aminoácidos mandan más que la fibra.
- La trucha exige **más grasa y más ED** que tilapia o bagre.
- El **fósforo disponible** es crítico (calidad de agua y efluentes).
- Selenio: selenito de sodio $\approx 45\%$ Se; no superar $\sim 0.4\text{--}0.5$ ppm de Se total.
- Presentación: harina micro / crumble en alevín; pellet hundible o flotante según especie y sistema.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Camarón

Fuente: NRC (2011) Nutrient Requirements of Fish and Shrimp + manuales comerciales de engorda.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA CAMARÓN

Nutriente	Postlarva / iniciador	Cría / juvenil	Engorda	Reproductor
Peso	0.01 – 0.5 g	0.5 – 8 g	8 – 30 g	Adulto
ED (Mcal/kg)	3.40 – 3.80	3.20 – 3.60	3.00 – 3.40	3.20 – 3.70
Consumo (% PV/día)	10 – 20	5 – 10	2.5 – 5.0	2.0 – 4.0
Raciones / día	6 – 10	4 – 6	3 – 5	3 – 4
Humedad (%)	8 – 11	8 – 11	8 – 11	8 – 11
Proteína Cruda (%)	40 – 50	36 – 42	32 – 38	38 – 45
Fibra cruda (%)	2 – 4	2 – 5	3 – 6	2 – 5
Grasa (%)	7 – 10	6 – 9	5 – 8	8 – 12
Cenizas (%)	10 – 16	10 – 15	10 – 15	10 – 16
Calcio (%)	1.0 – 2.5	1.0 – 2.0	1.0 – 2.0	1.0 – 2.5
P disponible (%)	1.0 – 1.5	0.8 – 1.2	0.6 – 1.0	0.8 – 1.2
Magnesio (%)	0.2 – 0.4	0.2 – 0.3	0.2 – 0.3	0.2 – 0.4
Potasio (%)	0.8 – 1.2	0.7 – 1.0	0.6 – 1.0	0.8 – 1.2

Sodio (%)	0.4 – 0.8	0.3 – 0.6	0.3 – 0.6	0.4 – 0.8
Hierro (ppm)	80 – 150	60 – 120	50 – 100	60 – 120
Manganeso (ppm)	20 – 40	15 – 30	10 – 25	15 – 30
Cobre (ppm)	20 – 35	15 – 30	15 – 25	20 – 35
Zinc (ppm)	80 – 150	60 – 120	50 – 100	80 – 150
Cobalto (ppm)	0.5 – 1.0	0.3 – 0.8	0.3 – 0.6	0.5 – 1.0
Yodo (ppm)	1 – 5	1 – 3	1 – 3	1 – 5
Selenio (ppm)	0.30 – 0.50	0.25 – 0.40	0.20 – 0.35	0.30 – 0.50
Vitamina A (UI/kg)	8,000 – 15,000	6,000 – 12,000	5,000 – 10,000	8,000 – 15,000
Vitamina D3 (UI/kg)	2,000 – 4,000	1,500 – 3,000	1,500 – 2,500	2,000 – 4,000
Vitamina E (UI/kg)	100 – 200	80 – 150	80 – 120	150 – 300
Vitamina C (ppm)	200 – 400	150 – 300	100 – 200	200 – 400
Lisina (%)	2.2 – 2.8	1.8 – 2.3	1.6 – 2.0	2.0 – 2.5
Metionina (%)	0.8 – 1.1	0.7 – 0.9	0.6 – 0.8	0.7 – 1.0
Treonina (%)	1.3 – 1.7	1.1 – 1.4	1.0 – 1.3	1.2 – 1.5
Arginina (%)	2.2 – 2.8	1.8 – 2.3	1.6 – 2.0	2.0 – 2.5

Valores del alimento completo en base materia seca (excepto humedad). ED = Energía Digestible (Mcal/kg). El camarón muda: Ca, P, Mg y Cu son más altos que en peces. Usar vitamina C estable (fosfato o recubierta). Se = selenito de sodio $\approx 45\%$ Se. Fuente: NRC (2011) Nutrient Requirements of Fish and Shrimp.

RELACIÓN PROTEÍNA: ENERGÍA Y PRESENTACIÓN

Etapa	PC (%)	ED (Mcal/kg)	Presentación
Postlarva	40 – 50	3.40 – 3.80	Crumble / pellet fino
Cría	36 – 42	3.20 – 3.60	Pellet 1 – 2 mm
Engorda	32 – 38	3.00 – 3.40	Pellet hundible 2 – 3 mm
Reproductor	38 – 45	3.20 – 3.70	Más grasa, vit. E y C

Colesterol 0.2–0.5 % y fosfolípidos ayudan en postlarva y reproductor. El Cu (15–35 ppm) es necesario para hemocianina; no copiar premix de pez sin ajustar. No superar 0.5 ppm de Se total. Consumo real depende de temperatura (26–32 °C), densidad y calidad del fondo.

BIBLIOGRAFÍA

1. National Research Council (NRC). (2011). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academies Press.
2. Manuales comerciales de alimento para *Litopenaeus vannamei* (iniciador, crecimiento y engorda).
3. FAO. Aquaculture feed resources — camarón blanco del Pacífico.

Documento elaborado para uso técnico en plantas de alimentos balanceados. Los valores son orientativos y deben validarse con salinidad, temperatura y análisis de laboratorio.

Energía de referencia: Energía Digestible (ED).

Notas prácticas

- El camarón **muda**; por eso Ca, P, Mg y Cu son más altos que en peces.
- **Vitamina C estable** (fosfato o recubierta): el camarón no la sintetiza bien.
- **Colesterol** (0.2–0.5 %) y fosfolípidos ayudan en postlarva y reproductor.
- El Cu (15–35 ppm) es necesario para hemocianina; no copiar premix de pez sin ajustar.
- Selenio: selenito de sodio ≈ 45 % Se; no superar ~0.5 ppm de Se total.
- Consumo real depende de temperatura (26–32 °C), densidad y calidad del fondo.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Conejo (*Oryctolagus cuniculus*)

Fuentes: NRC (1977) Nutrient Requirements of Rabbits; Lebas / FAO The Rabbit; de Blas y Wiseman (2020) The Nutrition of the Rabbit; recomendaciones INRA / Maertens / De Blas para cunicultura intensiva.

Valores del alimento completo, base tal cual (~88–90 % MS), salvo donde se indica 900 g MS/kg. Energía de referencia: Energía Digestible (ED). El NRC 1977 está desactualizado en calcio y proteína de lactación; para planta comercial priorizar Lebas y de Blas & Wiseman (2020).

Comparativo NRC (1977) vs Lebas (1980)

Nutriente	Crecimiento	Mantenimiento	Gestación	Lactación
ED NRC (Mcal/kg)	2.50	2.10	2.50	2.50
ED Lebas (Mcal/kg)	2.50	2.20	2.50	2.70
Proteína cruda NRC (%)	16	12	15	17
Proteína cruda Lebas (%)	15 – 16	12 – 13	18	18
Grasa NRC (%)	2	2	2	2
Grasa Lebas (%)	3	3	3	5
Fibra cruda NRC (%)	10 – 12	14	10 – 12	10 – 12
Fibra cruda Lebas (%)	14	15 – 16	14	12
Calcio NRC (%)	0.40	—	0.45	0.75
Calcio Lebas (%)	0.50	0.60	0.80	1.10
Fósforo NRC (%)	0.22	—	0.37	0.50
Fósforo Lebas (%)	0.30	0.40	0.50	0.80

Lebas / FAO — dietas de granja

Nutriente	Gazapo 4–12 sem	Coneja lactante	Peridestete	Dieta mixta
Proteína cruda (%)	16	18	15	17
Proteína digestible (%)	11.5	13.3	10.8	12.4
Lisina (%)	0.70	0.90	0.65	0.70
Metionina + cistina (%)	0.60	0.60	0.55	0.60
Arginina (%)	0.90	0.80	0.80	0.90
Treonina (%)	0.55	0.70	0.55	0.60
Triptófano (%)	0.13	0.20	0.12	0.13
ED (Mcal/kg)	2.50	2.65	2.40	2.55
EM (Mcal/kg)	2.38	2.52	2.28	2.42
Grasa (%)	3 – 5	4 – 5	3	3 – 4
FDA (%)	18	14	20	18
Calcio (%)	0.40	1.20	1.00	1.10
Fósforo (%)	0.30	0.50	0.50	0.60
Sodio (%)	0.30	0.30	0.30	0.30
Potasio (%)	0.60	0.90	0.60	0.90

De Blas y Wiseman (2020) — cunicultura intensiva

Concentración por kg de alimento corregido a 900 g MS/kg.

Nutriente	Reproductoras	Cebo / engorda	Dieta mixta
ED (Mcal/kg)	2.56	2.44	2.44
EM (Mcal/kg)	2.44	2.34	2.34
FDN (g/kg)	320 (310–335)	340 (330–350)	335 (320–340)
FDA (g/kg)	175 (165–185)	190 (180–200)	180 (160–180)
Fibra cruda (g/kg)	145 (140–150)	155 (150–160)	150 (145–155)
ADL / lignina (g/kg)	55	50	55
Almidón (g/kg)	170 (160–180)	150 (140–160)	160 (150–170)
Extracto etéreo (g/kg)	45	libre	libre
Proteína cruda (g/kg)	175 (165–185)	150 (142–160)	159 (154–162)
Proteína digestible (g/kg)	128 (115–140)	104 (100–110)	111 (108–113)
Lisina total / digestible (g/kg)	8.1 / 6.4	7.3 / 5.7	7.8 / 6.1
Met+Cis total / digestible (g/kg)	6.3 / 4.8	5.2 / 4.0	5.9 / 4.5

Treonina total / digestible (g/kg)	6.7 / 4.6	6.2 / 4.3	6.5 / 4.5
Calcio (g/kg)	10.5	6.0	10.0
Fósforo (g/kg)	6.0	4.0	5.7
Sodio (g/kg)	2.3	2.2	2.2
Cloro (g/kg)	2.9	2.8	2.8

Rangos prácticos para formular en planta (tal cual)

Nutriente	Peridestete 25–42 d	Cebo	Gestación / espera / macho	Lactación
ED (Mcal/kg)	2.25 – 2.40	2.35 – 2.50	2.40 – 2.55	2.50 – 2.70
Proteína cruda (%)	15 – 16	15 – 16	16 – 17	17 – 19
Proteína digestible (%)	10.5 – 11.5	10.5 – 11.5	11 – 12	12.5 – 14.0
Fibra cruda (%)	15 – 18	14 – 16	14 – 16	12 – 14
FDA (%)	18 – 20	17 – 20	16 – 18	14 – 17
Almidón (%)	≤ 14	14 – 16	15 – 17	16 – 18
Grasa (%)	2.5 – 3.5	2.5 – 4.0	3 – 4	3.5 – 5.0
Lisina (%)	0.65 – 0.75	0.70 – 0.75	0.70 – 0.80	0.80 – 0.90
Met + Cis (%)	0.55 – 0.65	0.55 – 0.65	0.55 – 0.65	0.60 – 0.70
Calcio (%)	0.80 – 1.00	0.60 – 0.90	0.80 – 1.00	1.10 – 1.20
Fósforo (%)	0.50 – 0.60	0.40 – 0.55	0.50 – 0.60	0.60 – 0.80
Sodio (%)	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30	0.20 – 0.30	0.22 – 0.30
Presentación	Pellet 3 mm	Pellet 3–4 mm	Pellet 3–4 mm	Pellet 3–4 mm

Consumo aproximado de alimento

Etapas	Consumo (g/día)	Observación
Coneja vacía / espera	140 – 150	Restringir si hay sobreengrasamiento
Gestante	145 – 250	Sube al final de gestación
Lactante	250 – 500	Pico a las 3–4 semanas
Lactante + gestante	250 – 350	Ritmo intensivo
Reemplazo	120 – 140	No engordar la futura madre
Semental	140 – 150	Mantener condición, no obesidad
Engorda	90 – 180	Ad libitum; aumenta con la edad

Programa de alimentos en granja

Esquema	Alimentos	Cuándo usarlo
Un alimento	Dieta mixta 16–17 % PC	Granja chica; compromiso nutricional
Dos alimentos	Madres + cebo	Esquema más usado en el mundo
Tres alimentos	Peridestete + cebo + madres	Mejor control de diarreas al destete

Bibliografía

1. National Research Council (NRC). (1977). Nutrient Requirements of Rabbits. 2nd Revised Edition. National Academy of Sciences.
2. Lebas, F. et al. FAO. The Rabbit: Husbandry, Health and Production.
3. de Blas, C. y Wiseman, J. (2020). The Nutrition of the Rabbit. 3rd ed. CAB International.
4. Maertens, L.; Xiccato, G.; De Blas, C. Recomendaciones europeas de cunicultura intensiva (INRA / FEDNA).

Documento elaborado para uso técnico en plantas de alimentos balanceados. Los valores son orientativos y deben validarse con análisis de laboratorio, software de formulación y mortalidad/conversión de la granja.

Notas prácticas

- El conejo es fermentador de ciego: en destete, más fibra y menos almidón. El exceso de maíz en gazapos sube diarreas.
- La lactación es la dieta más exigente: proteína, lisina, calcio y energía. El NRC 1977 se queda corto en Ca (0.75 % vs 1.10–1.20 % actuales).
- Cecotrofia aporta aminoácidos; no sustituye una fórmula deficitaria en lisina o azufrados.
- Relación Ca: P cercana a 2:1 en lactación. El conejo absorbe calcio de forma poco regulada: no inflar Ca en cebo.
- Presentación: pellet 3–4 mm, PDI alto. El conejo selecciona y deja finos; finos altos = merma y desperdicio.
- Selenio: no superar ~0.3–0.5 ppm de Se total.
- Consumo real depende de temperatura, tamaño de camada y presentación del pellet.

Tablas de Requerimientos Nutricionales — Gallo de pelea (*Gallus gallus*, línea de combate)

Programa por etapa del gallo (macho)

Nutriente	Iniciación 0–10 sem	Crecimiento 11–20 sem	Desarrollo / levante 5–10 mes	Mantenimiento / entrepelea	Entrenamiento / prepelea	Combate (últimos 10–14 d)
EM (Mcal/kg)	2.90 – 3.05	2.85 – 3.00	2.80 – 2.95	2.75 – 2.90	2.95 – 3.15	3.05 – 3.20
Proteína cruda (%)	20 – 22	17 – 18.5	16 – 17	14 – 16	17 – 18	16 – 17
Lisina (%)	1.10 – 1.25	0.90 – 1.05	0.80 – 0.90	0.70 – 0.80	0.90 – 1.05	0.85 – 0.95
Metionina (%)	0.48 – 0.55	0.40 – 0.48	0.35 – 0.42	0.28 – 0.35	0.40 – 0.48	0.38 – 0.45
Met + Cis (%)	0.80 – 0.90	0.70 – 0.80	0.62 – 0.72	0.55 – 0.65	0.70 – 0.80	0.65 – 0.75
Treonina (%)	0.75 – 0.85	0.65 – 0.75	0.55 – 0.65	0.50 – 0.58	0.65 – 0.75	0.60 – 0.70
Grasa (%)	3.0 – 4.5	2.5 – 4.0	3.0 – 4.5	3.0 – 5.0	4.0 – 6.0	4.0 – 6.5
Fibra cruda máx. (%)	4.0 – 5.0	5.0 – 6.0	5.0 – 7.0	5.0 – 7.0	4.0 – 6.0	4.0 – 5.5
Calcio (%)	0.95 – 1.10	0.90 – 1.00	0.80 – 0.95	0.70 – 0.90	0.80 – 1.00	0.80 – 1.00
P disponible (%)	0.45 – 0.50	0.40 – 0.45	0.35 – 0.42	0.32 – 0.40	0.38 – 0.45	0.38 – 0.45
Sodio (%)	0.16 – 0.20	0.16 – 0.18	0.15 – 0.18	0.15 – 0.18	0.16 – 0.20	0.16 – 0.20

Presentación	Migaja / crumble	Pellet 3 mm	Pellet + grano	Pellet + grano	Pellet + 5–7 granos	Ración controlada
Oferta	Libre acceso	Libre acceso	80–110 g/d	70–100 g/d	90–120 g/d	90–110 g/d en 2 tomas

No existe NRC específico de gallo de pelea. Tablas de planta sintetizadas a partir de: NRC Poultry (analogía de recria y reproductor); líneas comerciales mexicanas (iniciador 21 %, crecimiento 17–18 %, mantenimiento 14–16 %, entrenamiento 18 %); nutrición de gamefowl (Mattocks) y guías de criador. Energía: Energía Metabolizable (EM) en Mcal/kg. Proteína en %. Alimento completo tal cual (~88–90 % MS). Valores orientativos: validar con condición corporal, raza (ligera vs pesada) y carga de entrenamiento.

Gallina reproductora (pie de cría)

Nutriente	Recría 0–8 sem	Desarrollo 9–18 sem	Prepostura	Postura / pie de cría
EM (Mcal/kg)	2.85 – 3.00	2.75 – 2.90	2.75 – 2.85	2.70 – 2.85
Proteína cruda (%)	19 – 21	16 – 17.5	17 – 18	16 – 18
Lisina (%)	1.00 – 1.15	0.75 – 0.90	0.80 – 0.90	0.75 – 0.85
Met + Cis (%)	0.75 – 0.85	0.62 – 0.72	0.68 – 0.76	0.65 – 0.75
Calcio (%)	0.95 – 1.05	0.85 – 0.95	2.00 – 2.50	3.20 – 3.80
P disponible (%)	0.45 – 0.50	0.38 – 0.42	0.40 – 0.45	0.38 – 0.45
Grasa (%)	3.0 – 4.0	2.5 – 3.5	3.0 – 4.0	3.0 – 4.5
Oferta	Libre acceso	Restringir si engrasa	Transición 10–14 d	Libre o controlada según postura

Consumo y energía diaria del gallo adulto (~2.0–2.8 kg)

Etapa	Consumo (g/ave/día)	EM ingerida (Mcal/ave/día)	Observación
Mantenimiento / entrepelea	70 – 90	0.20 – 0.26	Raza ligera; no engrasar
Levante / desarrollo	80 – 110	0.23 – 0.31	Ajustar a condición
Entrenamiento	90 – 120	0.28 – 0.36	Más grasa y EM; no subir PC a 22 %
Prepelea / combate	90 – 110	0.28 – 0.34	Subir carbohidratos los últimos 3 días
Recuperación postpelea	80 – 110	0.24 – 0.32	Proteína 17–18 % y antioxidantes
Raza pesada (ajuste)	+15 – 25 g	+0.04 – 0.07	No copiar ración de raza ligera

Relación práctica energía: proteína

Etapas	EM (Mcal/kg)	PC (%)	g PC / Mcal EM	Qué busca el formulador
Iniciación	2.95	21	71	Órganos, inmunidad, emplume
Crecimiento	2.90	18	62	Hueso + músculo, sin grasa
Levante	2.85	16.5	58	Estructura, no sobrepeso
Mantenimiento	2.80	15	54	Condición, no atleta
Entrenamiento	3.05	18	59	Energía + reparación muscular
Combate	3.10	16.5	53	Glucógeno, menos lastre proteico

Bibliografía

1. NRC (1994). Nutrient Requirements of Poultry (analogía recria y reproductor).
2. Líneas comerciales México: iniciador 21 %, crecimiento 17.5 %, desarrollo 16 %, mantenimiento 14–16 %, entrenamiento 18 % (Tepexpan, Gallo de Oro, Kampfer).
3. Mattocks, J. Gamefowl nutrition: starter 23 %, grower 21 %, developer 19 %, breeder/conditioner 18 %.
4. Guías de criador: etapas reproducción, pollito, crecimiento, entrenamiento-pelea y recuperación.

Documento técnico para plantas de alimentos balanceados. Validar con análisis de laboratorio, condición corporal y raza.

Notas prácticas de planta

- No formular el gallo de pelea como pollo de engorda: el objetivo no es ganancia máxima, sino músculo funcional, hueso y condición.
- Exceso de energía en levante = grasa abdominal y peor desempeño. Controlar gramos/día, no solo la fórmula.
- En entrenamiento sube EM y grasa (4–6 %); la proteína se queda en 17–18 %. Subir PC a 22 % en adulto no hace más atleta.
- Gallina de pie de cría: calcio de postura 3.2–3.8 %. El gallo macho no lleva ese Ca.
- Presentación: crumble en iniciación; pellet 3 mm + mezcla de granos (maíz, trigo, avena, sorgo, chícharo) en adulto.
- Micotoxinas y vitamina E / Se importan: el ave se entrena y se estresa. No superar ~0.3–0.5 ppm de Se total.
- Ración de combate (keep): 10–14 días, dos tomas, 90–110 g/d; los últimos 3 días se incrementa cereal (energía) y se baja un poco la proteína relativa.