



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EFFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA CON INCLUSIÓN DE HARINA DE TRIGO SUAVE *Triticum aestivum* EN LA CALIDAD DE PELLET COMO ALIMENTO CONCENTRADO PARA VACAS LECHERAS.

Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Frank Israel Rocha Cadena

DIRECTOR:

Ing. Ángel Satama

Ibarra –Ecuador 2015

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Efecto de la granulometría de la mezcla con inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* en la calidad de pellet para vacas lecheras

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Ing. Ángel Satama

DIRECTOR DE TESIS



FIRMA

Ing. Luis Manosalvas

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Marcelo Vacas

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Miguel Aragón Esparza

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA

1. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Frank Israel Rocha Cadena, con cédula de identidad número 10032637-9, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de Julio de 2015

EL AUTOR:



Frank Israel Rocha Cadena

ACEPTACIÓN:



**ING. BETHY CHAVEZ
JEFE DE BIBLIOTECA**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

3. IDENTIFICACION DE LA OBRA

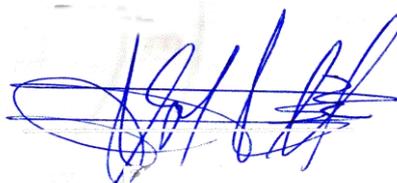
La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100326376-9
APELLIDOS Y NOMBRES:	Frank Israel Rocha Cadena
DIRECCIÓN:	Ibarra, Teresa de Jesús Cepeda S/N
EMAIL:	aalk77@hotmail.com
TELÉFONO FIJO: 062651746	TELÉFONO MÓVIL: 0984088045
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Efecto de la granulometría de la mezcla con inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i> en la calidad de pellet como alimento concentrado para vacas lecheras
AUTOR:	Frank Israel Rocha Cadena
FECHA:	2015, Julio, 23
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO x POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial
ASESOR / DIRECTOR:	Ing. Ángel Satama

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Frank Israel Rocha Cadena, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'A. Satama', written over a faint, illegible stamp or watermark.

Ing. Ángel Satama
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto es original, y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de Julio de 2015

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a blue oval. The signature appears to read "FRANK ISRAEL ROCHA C".

Frank Israel Rocha Cadena

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Frank Israel Rocha Cadena, con cédula de identidad Nro. 1003263769, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **EFFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA CON INCLUSIÓN DE HARINA DE TRIGO SUAVE *Triticum aestivum* EN LA CALIDAD DE PELLET COMO ALIMENTO CONCENTRADO PARA VACAS LECHERAS**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 23 días del mes de Julio de 2015

Frank Israel Rocha Cadena

DEDICATORIA

A Dios padre quien me hizo comprender el significado de dos palabras importantes la sabiduría que cada persona posee y la determinación para conseguir lo que te propongas, a mis amados padres Raúl y Normanda, a mi hermano Roberto, ya que gracias a sus consejos y sacrificio me brindaron todo el apoyo necesario, para alcanzar uno de los objetivos propuestos en mi vida.

Siento la necesidad de dedicar mi tesis de manera especial a dos personas que nunca me abandonaron, a Dios que con el todo es posible y a un ángel convertido en madre gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti, el verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que sea quien es.

Frank Israel Rocha Cadena

“Los dos días más importantes de tu vida son el día en que naces y el día en que descubres por qué.”

Mark Twain

AGRADECIMIENTO

A Dios por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A mi madre Normanda Cadena, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y a mi padre Raúl Rocha por contribuir incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos.

A mi hermano Roberto Rocha en donde siempre encuentro un amigo.

Al Dr. German Romo por permitir la ejecución del proyecto, los Ings. Gustavo Nava y Christian Bueno del Área de I&D, quienes con su experiencia y conocimientos guiaron este tema de investigación. También me gustaría agradecer al Área de Nutrición Animal, Área de Aseguramiento de Calidad y Área Producción.

Mi más profundo reconocimiento y gratitud imperecedera al Ing. Ángel Satama director de tesis quien con su serena paciencia y entendimiento aportó con su apoyo en la ejecución de este trabajo. A mis asesores: Ings. Luis Manosalvas, Aragón Esparza y Marcelo Vacas que en forma oportuna, entusiasta y desinteresada nos ayudaron y colaboraron en todo momento. Al biometrista, Ing. Armando Manosalvas quien con su conocimiento de la estadística, supo colaborar en este tema de investigación.

Gracias y que Dios los bendiga.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.	1
1.2. PROBLEMA.	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.	3
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.1. Objetivo general.	4
1.4.2. Objetivos específicos.	4
1.5. HIPÓTESIS.....	5
1.5.1. Hipótesis negativa.....	5
1.5.2. Hipótesis afirmativa.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Historia y principios de la peletización.	6
2.1.1. Principales ventajas del peletizado.	8
2.2. Equipos para el proceso del peletizado	8
2.2.1. Molinos.....	8
2.2.2. Mezcladoras horizontales de cintas o paletas.....	11
2.2.3. Acondicionamiento a presión con expander.	12
2.2.3.1. Acondicionamiento con vapor.	14
2.2.4. Enfriadores.....	14
2.2.5. Características del peletizador.	18
2.3. Factores que afectan la calidad del pellet.	20
2.3.1. Formulación.	23
2.3.1.1. Materias primas que integran la mezcla:.....	24

2.3.1.2. Calidad de los Ingredientes.....	29
2.3.2. Granulometría (Tamaño medio de partícula).	30
2.3.3. Especificación del dado y de los rodillos.....	31
2.3.3.1 Selección del dado.....	32
2.3.4. Rendimiento en la producción.....	33
2.3.5. Acondicionamiento.....	33
2.3.6. Enfriado.....	33
2.4. Calidad del pellet.	34
2.4.1. Características de la calidad física del pellet:	34
2.5. Métodos de control de calidad de pellet.....	35
2.5.1. Dureza (mecánica).....	35
2.5.2. Dureza.	36
2.5.3. Eficiencia de peletización.....	37
2.5.4. Regularidad de longitud (o Distribución de Longitudes).....	38
2.5.5. Porcentaje de polvo.	39
2.6. Parámetros de proceso para alimento de vacas lecheras.	39
2.6.1. Tecnología de peletizado para la ganadería lechera.	40
2.6.2. Alimentación para vacas lecheras.....	41
2.6.2.1. Concentrados.....	42
2.6.2.2. Composición de los concentrados:	45
2.6.2.3. Forrajes.....	50
2.6.2.4. Minerales y vitaminas.....	50
2.6.3. Cálculo de las necesidades nutritivas de las vacas de leche.....	51
2.6.3.1. Composición de la fórmula para vacas lecheras.....	53
2.6.4. Alimento concentrado de alta densidad nutricional.	53
2.6.5. Alimento concentrado de baja densidad nutricional.....	54

CAPITULO III.....	55
MATERIALES Y MÉTODOS.....	55
3.1. Materiales.....	55
3.1.1. Materia prima.....	55
3.1.2. Aditivos.....	55
3.1.3. Equipos.....	55
3.1.4. Materiales.....	56
3.2. Metodología.....	56
3.2.1. Caracterización del área de estudio.....	56
3.2.1.1. Ubicación del experimento.....	57
3.3. Métodos.....	57
3.3.1. Muestreo.....	57
3.3.1.1. Dureza.....	57
3.3.1.2. Determinación, migajas, finos e índice de durabilidad de pellet normal y modificado.....	58
3.3.1.3. Determinación de la granulometría de productos por el método rápido.....	59
3.4. Diseño experimental.....	61
3.4.1. Alimento concentrado de alta densidad nutricional.....	61
3.4.1.1. Efecto de la granulometría de la mezcla y del nivel de inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>	61
3.4.1.2. Tratamientos.....	62
3.4.1.3. Unidad experimental.....	62
3.4.2. Alimento concentrado de baja densidad nutricional.....	63
3.4.2.1. Efecto de la granulometría de la mezcla y del nivel de inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>	64
3.4.2.2. Tratamientos.....	64
3.4.2.3. Unidad experimental.....	65

3.4.3. Variables evaluadas.....	65
3.5. Manejo específico del experimento.....	68
3.5.1. Diagrama ingenieril del proceso de peletizado.	68
3.5.2. Balance de materiales del proceso de peletizado.....	69
3.5.3. Descripción del proceso de peletizado para obtención de alimento concentrado.....	70
CAPÍTULO IV.....	76
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	76
4.1. Resultados estadísticos.	76
4.2. Análisis de los parámetros de calidad de pellet para alimento concentrado de alta densidad nutricional.....	76
4.2.1. Análisis de la variable migajas	76
4.2.2. Análisis del variable finos.....	79
4.2.3. Análisis de la variable índice de durabilidad del pellet modificado	83
4.2.4. Análisis de la variable índice de durabilidad del pellet normal	86
4.2.5. Comparación de parámetros de calidad de pellet para alimento concentrado de alta densidad nutricional.	89
4.3. Análisis de los parámetros de calidad de pellet para alimento concentrado de baja densidad nutricional.....	89
4.3.1. Análisis del variable migajas.....	89
4.3.2. Análisis del variable finos.....	91
4.3.3. Análisis de la variable índice de durabilidad del pellet modificado	94
4.3.4. Análisis de la variable índice de durabilidad del pellet normal	97
4.3.5. Comparación de parámetros de calidad de pellet para alimento concentrado de baja densidad nutricional.	101
4.4. Análisis de las variables evaluadas.....	101

4.4.1. Análisis del variable valor nutricional de las materias primas y producto terminado.	101
4.4.2. Análisis de la variable densidad aparente de las producto terminado y materias primas.....	105
4.4.3. Modelo de correlación índice de durabilidad del pellet normal y promedio de dureza.	107
4.4.4. Prueba de homogenización de la mezcla.	110
4.4.4.1. Prueba de homogenización de la mezcla para alimento concentrado de alta densidad nutricional.	110
4.4.4.2. Prueba de homogenización de la mezcla para alimento concentrado de baja densidad nutricional.	111
CAPÍTULO V.....	114
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
5.1. Conclusiones	114
5.2. Recomendaciones	116
CAPÍTULO VI.....	117
REFERENCIAS.....	117
6.1. Bibliografía	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de los molinos de martillos.....	11
Tabla 2. Número de tamiz, aberturas en pulgadas y en micrones para determinación de la granulometría rápida.	31
Tabla 3. Tamaño de partículas de la mezcla, maíz y soya.	31
Tabla 4. Calculo de necesidades para una vaca lechera de 700 kg de peso vivo produciendo diferentes niveles de leche al 4 % de grasa y 3,20 % de proteína...	53
Tabla 5. Especificaciones técnicas alimento concentrado de alta densidad nutricional.....	54
Tabla 6. Especificaciones técnicas alimento concentrado de baja densidad nutricional.....	54
Tabla 7. Ubicación del área de investigación.....	57
Tabla 8. Tratamientos para alimento concentrado de alta densidad nutricional.	62
Tabla 9. Tratamientos de estudio.....	63
Tabla 10. Análisis de varianza para alimento de alta densidad nutricional.	63
Tabla 11. Tratamientos para alimento concentrado de baja densidad nutricional.	64
Tabla 12. Tratamientos de estudio.....	65
Tabla 13. Análisis de varianza para alimento de baja densidad nutricional.	65
Tabla 14. Porcentaje de migajas por lote en la producción de alimento peletizado.	77
Tabla 15. ANOVA del variable porcentaje de migajas.	77
Tabla 16. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.	78
Tabla 17. Prueba DMS al 5 % para el Factor A (Granulometría de la mezcla). ...	78
Tabla 18. Porcentaje de finos por lote de producción de alimento peletizado.	80
Tabla 19. ANOVA del variable porcentaje de finos.	80
Tabla 20. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.	81
Tabla 21. Prueba DMS al 5 % para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>).	81
Tabla 22. Porcentaje del índice de durabilidad del pellet modificado por lote de alimento peletizado.	83

Tabla 23. ANOVA de la variable índice de durabilidad del pellet (modificado). ...	83
Tabla 24. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.	84
Tabla 25. Prueba DMS al 5 % para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>).	84
Tabla 26. Porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal por lote de producción de alimento.	86
Tabla 27. ANOVA del variable porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal.	86
Tabla 28. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.	87
Tabla 29. Prueba DMS al 5 % para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>).	87
Tabla 30. Porcentaje de migajas por lote en la producción de alimento peletizado.	90
Tabla 31. ANOVA del variable porcentaje de migajas.	90
Tabla 32. Porcentaje de finos por lote de producción de alimento peletizado.	91
Tabla 33. ANOVA del variable porcentaje de finos.	92
Tabla 34. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.	92
Tabla 35. Prueba DMS al 5 % para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>).	93
Tabla 36. Porcentaje del índice de durabilidad del pellet modificado por lote de producción de alimento peletizado.	94
Tabla 37. ANOVA del variable porcentaje del índice de durabilidad del pellet modificado.	95
Tabla 38. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.	95
Tabla 39. Prueba DMS al 5% para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>).	96
Tabla 40. Porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal por lote de producción de alimento peletizado.	98
Tabla 41. ANOVA del variable porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal.	98
Tabla 42. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.	99
Tabla 43. Prueba DMS al 5% para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>).	99

Tabla 44. Valor nutricional del alimento concentrado para ganado lechero de alta densidad nutricional.	102
Tabla 45. Valor nutricional de alimento concentrado de baja densidad.	103
Tabla 46. Valor nutricional de las materias primas para el alimento concentrado.	104
Tabla 47. Densidad aparente del producto terminado.	105
Tabla 48. Densidad aparente materias primas.	107
Tabla 49. Correlación del alimento concentrado de alta densidad nutricional ...	108
Tabla 50. Correlación del alimento concentrado de baja densidad nutricional ..	109
Tabla 51. Resultado del índice de mezclado para alimento concentrado de alta densidad nutricional sin trigo.....	110
Tabla 52. Resultado del índice de mezclado para alimento concentrado de alta densidad nutricional con inclusión harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>	111
Tabla 53. Resultado del índice de mezclado para alimento concentrado de baja densidad nutricional sin trigo.....	111
Tabla 54. Resultado del índice de mezclado para alimento concentrado de baja densidad nutricional con inclusión harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>	112

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Proceso del peletizado.....	68
Diagrama 2. Balance de materiales del proceso de peletizado.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rodillos.....	7
Figura 2. Molino rodillos típicos.	9
Figura 3. Molino de martillos.....	10
Figura 4. Mezcladora horizontal de cintas o paletas.....	11
Figura 5. Acondicionador a presión con expander.	12
Figura 6. Enfriador horizontal.	15

Figura 7. Enfriador vertical Ferrer ross.	16
Figura 8. Peletizador.	18
Figura 9. Factores que influyen en la calidad de pellets.....	20
Figura 10. Características Físicas-Químicas de la melaza.....	24
Figura 11. Características químicas del maíz.....	26
Figura 12. Características químicas de la soya.....	27
Figura 13. Clasificación de las proteínas de la harina de trigo suave en base a su funcionalidad.	28
Figura 14. Características químicas de harina de trigo suave.....	29
Figura 15. Dado.....	32
Figura 16. Pdiómetro.	36
Figura 17. Durómetro.	36
Figura 18. Parámetros de proceso para alimento de vacas lecheras.....	39
Figura 19. Composición de la fórmula para vacas lecheras.	53
Figura 20. Sistema Ro-Tap.....	60
Figura 21. Respuesta del porcentaje de migajas a la granulometría de la mezcla menor a 640 (micras).	79
Figura 22. Respuesta del porcentaje de finos a la inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i> y la granulometría de la mezcla menor a 640 (micras).....	82
Figura 23. Respuesta del índice de durabilidad del pellet modificado a la inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>	85
Figura 24. Respuesta del índice de durabilidad del pellet normal a la inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>	88
Figura 25. Comparación de parámetros de calidad de pellet para alimento concentrado de alta densidad nutricional.	89
Figura 26. Respuesta del porcentaje de finos a la inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>	93
Figura 27. Respuesta el índice de durabilidad del pellet modificado a la inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>	96
Figura 28. Respuesta el índice de durabilidad del pellet normal a la inclusión de harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>	100
Figura 29. Comparación de parámetros de calidad de pellet para alimento concentrado de alta densidad nutricional.	101

Figura 30. Valores nutricionales del alimento concentrado de alta densidad nutricional.....	102
Figura 31. Valores nutricionales del alimento concentrado de baja densidad nutricional.....	103
Figura 32. Valor nutricional del alimento concentrado de alta y baja densidad nutricional.....	104
Figura 33. Densidad aparente del producto terminado.....	106
Figura 34. Modelo de correlación para alimento concentrado de alta densidad nutricional.....	108
Figura 35. Modelo de correlación para alimento concentrado de baja densidad nutricional.....	109
Figura 36. CV de la mezcla para alimento concentrado de alta y baja densidad nutricional.....	113

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Características físicas, químicas y microbiológicas de las principales materias primas que integran la mezcla.....	121
Anexo 2 Fotografías correspondientes a la investigación.	122

Lista de abreviaturas y acrónimos

(PDI) =	Índice de durabilidad del pellet
Tmp =	Tamaño medio de partícula
ASABE =	Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas y Biológicas
NRC =	Consejo Nacional de Investigación
(UFL) =	Unidades de forraje de leche
(ENL) =	Energía neta de lactancia
PB =	Proteína bruta
PDR =	Proteína degradable
PDI =	Proteína degradable en el intestino
MS =	Materia Seca
°C =	Grados centígrados
b.h =	base húmeda
Kg =	Kilogramo
g =	gramo
s =	segundos
% =	Porcentaje
Kgf/cm² =	Kilogramo-fuerza <i>por</i> centímetro cuadrado
Km =	Kilometro
T/h =	Tonelada por hora
Kw/T =	Kilovatio por tonelada
CV =	Coeficiente de variación
DMS =	Diferencia Mínima Significativa
ANOVA =	Análisis de la varianza
msnm =	metros sobre el nivel del mar

RESUMEN

La investigación se realizó para mejorar los parámetros de calidad de pellet migajas, finos, índice de durabilidad del pellet normal y modificado, en el alimento concentrado de vacas lecheras aumentando la compactación del mismo, a la que se evaluó el efecto de la granulometría de la mezcla y la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

El diseño experimental que se desarrollo fue completamente al azar (AxB), consta de 4 tratamientos, en 12 repeticiones para el alimento concentrado de alta densidad nutricional y 14 repeticiones para el de baja densidad nutricional.

La investigación científica se probó en 2 tipos de alimentos, tratamiento (T1) inclusión de 10 % de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, con rango de granulometría de la mezcla superior a 640 micras, el tratamiento (T2) inclusión de 0% de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, con rango de granulometría de la mezcla superior a 640 micras, el tratamiento (T3) inclusión de 10 % de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, con rango de granulometría de la mezcla inferior a 640 micras y el tratamiento (T4) inclusión de 0% de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, con rango de granulometría de la mezcla inferior a 640 micras, el tratamiento (T3) a2b1 presento altos parámetros de calidad de pellet en el alimento concentrado de alta densidad nutricional, migajas 1,64 %, finos 4,14 %, (PDI) modificado 96,08 %, (PDI) normal 97,33 %, el tratamiento (T1) a1b1 para el concentrado de baja densidad nutricional, finos 4,76 %, (PDI) modificado 94,71 %, (PDI) normal 96,43 %, para el porcentaje de migajas no se evidencio ninguna mejora.

SUMMARY

The research was conducted to improve the quality parameters of crumbs, thin pellet normal and modified in the concentrate feed of dairy cows increasing compaction thereof, which evaluated the effect of pellet durability index grain mixture and including soft wheat flour *Triticum aestivum*.

The experimental design was completely random development (AxB), it consists of 4 treatments, 12 repetitions for concentrated nutrient-dense food and 14 repetitions for low nutrient density.

Scientific research was tested in two types of food, treatment (T1) inclusion of 10% of soft wheat flour *Triticum aestivum*, with grain size range of larger than 640 microns mixture, treatment (T2) including 0% flour *Triticum aestivum* soft wheat with grain size range of greater than 640 microns mixture treatment (T3) including 10% of soft wheat flour *Triticum aestivum*, with particle size range of less than 640 microns mixture and treatment (T4) including 0% of soft wheat flour *Triticum aestivum*, with particle size range of less than 640 microns mixture, treatment (T3) a2b1 present high quality parameters in concentrate pellet nutrient-dense food, crumbs 1,64%, 4.14% fine, (PDI) modified, 96.08% (PDI) normal 97.33%, treatment (T1) a1b1 for concentrated low nutrient density, fine 4.76%, (PDI) modified 94.71%, (PDI) normal 96.43%, for the percentage of scraps no improvement not evidenced.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN.

Para lograr una producción sostenible en las vacas lecheras, se requiere de una alimentación eficiente que entregue el alimento concentrado favoreciendo su alimentación con el aumento de su energía, es importante destacar que el procesamiento de almidones, fibra, proteína, minerales, ceniza, grasa y otros componentes de las raciones ayudan a mejorar la conversión alimenticia del 6 al 7 % del animal, en comparación con el alimento harinoso, obteniendo de esta forma mayores resultados en los parámetros productivos.

El proceso de peletizado provee beneficios físicos debido a que existe alta uniformidad en las partículas, evitando la selectividad del alimento así como la destrucción de microorganismos patógenos debido al incremento en las temperaturas durante el procesamiento. La acción del calor, la presión y la humedad durante el proceso de peletizado, desorganiza la estructura de los almidones produciendo gelatinización lo que mejora la digestibilidad del alimento.

La necesidad de utilizar suplementos proteicos en alimentación animal se ve satisfecha por una variada gama de productos de origen vegetal que contribuyen en sus necesidades nutricionales.

El propósito de esta investigación es evaluar el efecto de la granulometría de la mezcla con la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* en la calidad de pellet como alimento concentrado para vacas lecheras, para aumentar la compactación del pellet y con ello obtener un producto terminado de calidad para los ganaderos del país.

1.2. PROBLEMA.

El manejo de calidad del pellet es diferente en cada país incluso de planta a planta, según varíen las condiciones de proceso y los ingredientes. Las materias primas se comportan de modo distinto en sus efectos sobre el pellet, como el contenido de proteína, humedad, almidón, fibra, materiales minerales, absorción de humedad, abrasividad, la granulometría y los cambios en la formulación podrían forzar cambios en las condiciones operativas. La cantidad de manipulaciones que los pellets sufren entre la producción y la alimentación, las demandas del mercado local (Payne, et al., 2010).

El estudio se orienta a disminuir los desperdicios, alcanzar mejores parámetros de calidad para el pellet como son: migajas, finos, índice de durabilidad de pellet normal y modificado, que se producen por falta de compactación en el pellet. Esto afecta la economía de los productores de ganado bovino lechero, el propósito es obtener un producto terminado de alta calidad y garantizar un buen desempeño del alimento a nivel productivo en granjas, la mayor parte de los ganaderos prefieren alimento concentrado en forma de pellet, que no sobrepase el 10 % de migajas y finos. La investigación pretende disminuir las mermas en: almacenamiento en bodega, transporte y almacenamiento en granja, ya que la generación de finos es pérdida y a que con ello beneficia al sector agropecuario del país.

Las vacas lecheras requieren de alimentos concentrados de calidad, del buen manejo de la ración de los alimentos dependerá la nutrición del animal y por sobre todo la producción de leche.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

La ganadería bovina ha cambiado rápidamente en las últimas dos décadas. Uno de los cambios más significativos ha sido en el área de las necesidades de alimentación para un rendimiento óptimo (Behnke & Beyer, 2010).

La finalidad de este estudio es mejorar la calidad de pellet, mediante la reducción del contenido de desperdicios en el producto terminado a su vez con ello obtener un producto de calidad para la ganadería bovina lechera y garantizar beneficios como: reducción de desperdicios del alimento concentrado en granjas, eliminar los polvos del alimento, reducir la alimentación selectiva, menos desperdicio de alimento en los comederos y proveer beneficios nutricionales que hacen que el animal tenga una mejor disponibilidad de los nutrientes. A través del efecto de la granulometría de la mezcla y la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, para alimento concentrado de alta y baja densidad nutricional.

Estableciendo condiciones ideales para crear una fórmula adecuada para el proceso, teniendo en cuenta las características de cada ingrediente, controlando la granulometría de la mezcla, para una adecuada digestibilidad en el animal y con ello contribuir en la calidad física del pellet.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto de la granulometría de la mezcla con la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* en la calidad de pellet como alimento concentrado para vacas lecheras.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- a) Evaluar el efecto de la granulometría de la mezcla en la calidad del pellet, por medio de los parámetros de calidad para pellet.
- b) Determinar el efecto de la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, por medio de los parámetros de calidad para pellet.
- c) Estimar la calidad nutricional del producto terminado.
- d) Aplicar un modelo de correlación del promedio de la dureza e índice de durabilidad del pellet PDI (normal).

1.5. HIPÓTESIS.

1.5.1. HIPÓTESIS NEGATIVA.

Ho: La granulometría de la mezcla y el nivel de inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, no afecta la calidad del pellet en la producción de alimento concentrado para ganado bovino lechero.

1.5.2. HIPÓTESIS AFIRMATIVA.

Hi: La granulometría de la mezcla y el nivel de inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, afecta la calidad del pellet en la producción de alimento concentrado para ganado bovino lechero.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. HISTORIA Y PRINCIPIOS DE LA PELETIZACIÓN.

El predecesor de la prensa de peletizar moderna no se basaba en la extrusión sino en un proceso de moldeo. El cual consistía en dos rodillos dentados que rotaban en direcciones opuestas, la harina se introducía con fuerza en las cavidades y en gran variedad de formas como triángulos, diamantes, óvalos o botones. Este tipo de prensa ya no se ve en las plantas, pero las prensas de briquetas, que es el nombre de esta maquinaria se usan en otras industrias (Payne, et al., 2010).

La primera prensa que trabajó con el proceso de extrusión y produjo un pellet cilíndrico se desarrolló en 1910. Fue también la primera en usar un dado: en su caso era vertical, aplanado y estacionario.

La harina se introducía en los orificios por medio de la fuerza de un tornillo y los pellets se cortaban por medio de cuchillas rodantes fijadas al eje del tornillo (Payne, et al., 2010).

En 1920 se desarrolló la primera prensa que funcionaba según el principio del dado anular, que es el sistema más empleado hoy en día. La harina se introduce hacia afuera en el dado cilíndrico por la acción de un único rodillo, modelos posteriores disponían de dos o tres rodillos.

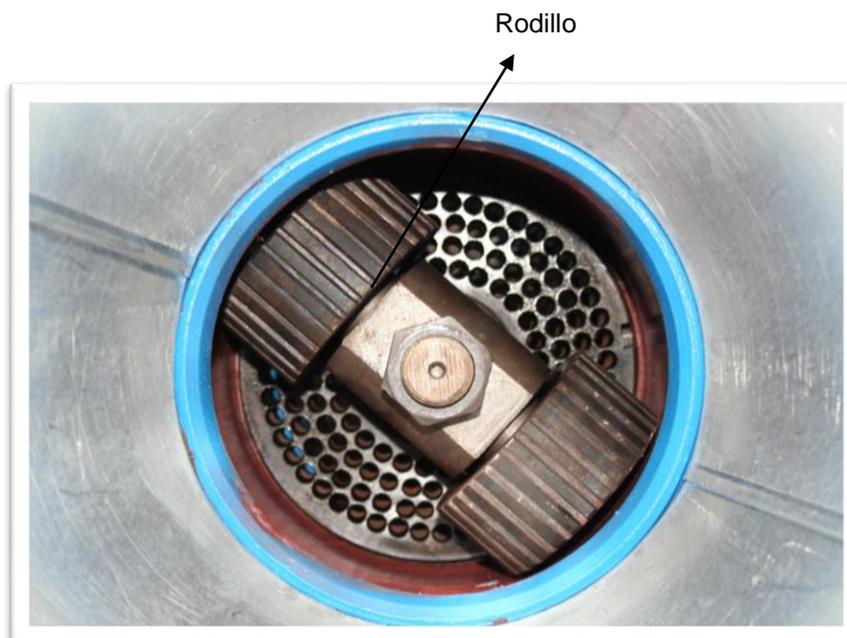


Figura 1. Rodillos.

Fuente: (Payne, et al., 2010).

La variación del proceso de extrusión, que permaneció muy poco tiempo se desarrolló en 1920 y era la prensa scheuler. Este sistema consistía en dos ruedas dentadas que giraban en direcciones opuestas. Los rebordes de ambas ruedas tenían orificios en la base de los dientes, a través de los cuales se forzaba la harina, seccionada por cuchillas estacionarias localizadas en el interior de cada rueda (Payne, et al., 2010).

Más populares que las prensas scheuler eran las prensas de rodillo plano, que aún hoy en día funcionan en Europa y en plantas de deshidratación de hierba. Los rodillos aquí son horizontales y dan vueltas alrededor de un eje vertical, presionando la harina a través de los orificios de un dado horizontal estacionario.

Sin embargo el principio del dado anular en 1920 se convirtió en el dominante de la industria. El dado o el conjunto de rodillos pueden rotar, ambos tienen motores. El proceso depende inicialmente de la fricción creada por el rodillo sobre la capa de alimento que hay depositada sobre el dado.

Los extrusores de alta tecnología con rosca simple o doble se establecieron en la industria de los alimentos al final de los años 70. Al principio se usaron para la producción de alimentos de mascotas, pero más tarde la producción se amplió a los alimentos de acuicultura y otros alimentos especiales (Payne, et al., 2010).

2.1.1. PRINCIPALES VENTAJAS DEL PELETIZADO.

Según (Mc Ellhiney, 2008), Las principales ventajas de tener un alimento peletizado son:

- Se produce un grado de gelatinización de los almidones, que ayuda a mejorar la conversión del alimento.
- Se evita la selección de alimentos o ingredientes favoritos en formulaciones.
- Evita la separación de ingredientes en el manejo y la transportación.
- Se aumenta la densidad del producto, esto es útil para el almacenaje y el transporte.
- Pellets cilíndricos y densificados permiten un fácil manejo a granel.
- Evita la segregación del producto en el transporte
- Menores desperdicios y menor pérdida con el viento.
- Mayor productividad y eficiencia alimenticia.
- Mayor durabilidad del producto.

2.2. EQUIPOS PARA EL PROCESO DEL PELETIZADO

2.2.1. MOLINOS.

a) Molino rodillos típico.

Este tipo de molinos tiene dos cilindros de acero rotan en sentido contrario de manera que las partículas son atrapadas y sometidas a fuerzas de compresión que

causan la reducción de tamaño. Puede definirse la distancia entre ambos rodillos, manipulando el resorte de alivio del equipo (Litster, 2009).



Figura 2. Molino rodillos típicos.

Fuente: (Litster, 2009).

Ventajas rodillos:

-Ahorro de energía

* Más toneladas por Kw/h.

* Ahorros del 15 al 40% más toneladas por hora, a una misma potencia.

-Calidad del producto

* (TMP) tamaño medio de partícula uniforme, menos gruesos y finos.

* Menos disipación de temperatura.

* Menor pérdida de humedad.

-Mejor ambiente de trabajo

* Menos ruido y polvo.

* Menor riesgo de fuego o explosiones.

-No requiere sistema de aspiración

- * Menor potencia conectada y espacio requerido.
- * Menos equipo auxiliar para mantenimiento.

b) Molino de martillos:

Este tipo de molino contiene un rotor de alta velocidad que gira dentro de una carcasa cilíndrica. El rotor posee un collar con un dado número de martillos en la periferia. La ruptura se da principalmente por fuerzas de impacto (Litster, 2009).



Figura 3. Molino de martillos.

Fuente: (Litster, 2009).

Ventajas molino de martillos:

- **Fácil de usar**
 - * Selección de Criba.
 - * Encendido.
- **Versátil.**
 - * Procesa una gran variedad de materiales.
- **Granos, materiales con alta fibra y proteína.**

* Configuración para cada aplicación.

- **Son conocidos y entendidos.**

Comparación de los molinos de martillos verticales y horizontales:

Tabla 1. Comparación de los molinos de martillos.

Comparación de los molinos de martillos	Tipo	
	Horizontales	Verticales
Eficientes en kwh/T	x	x
Silenciosos	x	x
Ocupan mismas instalaciones		x
Mantenimiento similar	x	x

Fuente: (Litster, 2009).

2.2.2. MEZCLADORAS HORIZONTALES DE CINTAS O PALETAS.



Figura 4. Mezcladora horizontal de cintas o paletas.

Fuente: (Anonym, Advances in feed technology, 2009).

Las mezcladora horizontal de cintas o paletas está fabricadas en capacidades que van de los 250 Kg, 500 Kg, 2,000 Kg hasta 5,000 Kg. Transmisión a motor eléctrico, o motor reductor. En los modelos de cintas y paletas de 250 - 500 se cuenta con transmisiones a motor de combustión interna. Las mezcladoras cuentan con descarga por medio de compuerta manual, neumática o compuerta triple de operación y en algunos modelos compuerta fondo abierto (Anonym, Advances in feed technology, 2009).

- Fabricación:
En placa de acero al carbón o acero inoxidable tipo 304 acabado estándar.
- Accesorios:
Ductos para adición de líquidos y retorno de aire.

2.2.3. ACONDICIONAMIENTO A PRESIÓN CON EXPANDER.



Figura 5. Acondicionador a presión con expander.

Fuente: (Payne, et al., 2010).

Un buen **acondicionamiento** es aquel que permite la adición de calor y humedad a la mezcla “alimento” de una forma eficiente, uniforme y controlada. El acondicionamiento de la mezcla tiene por objetivo hidratar, calentar y mezclar, por

tanto, el primer punto a monitorear es la temperatura de la mezcla, con un tiempo de retención de 40 a 60 segundos (Mc Ellhiney, 2008).

El proceso de gelatinización es una función de temperatura y vapor (transferencia de calor) humedad, tiempo, presión y fuerza de fricción mecánica.

Adicionalmente el calor es necesario para destruir microorganismos patógenos.

Para alcanzar altos niveles de humedad y temperatura es necesario:

- 1.- Vapor de alta calidad.
- 2.- Buen diseño en el arreglo de la distribución de vapor.
- 3.- Un buen equipo de acondicionamiento.

Beneficios de un buen acondicionamiento:

1. Mejor calidad de pellet.
2. Incremento en la producción.
3. Reduce el consumo de energía.
4. Extiende el tiempo de vida de tornillos y dados.

El expander de abertura anular consta de un tubo mezclador de paredes gruesas con dispositivos recambiables de desgaste y con un eje en voladizo, que está provisto de elementos dosificadores, mezcladores y amasadores.

Las ventajas del uso de expander de abertura anular:

- Mejor calidad de los granulos y mayor rendimiento de la prensa granuladora.
- Utilización de componentes difíciles a procesar.
- Adición de grandes cantidades de líquidos.
- Inactivación de sustancias nocivas.
- Eliminación de salmonelas.
- Mejoramiento del valor nutritivo.
- Reducción de los gastos de producción.

2.2.3.1. Acondicionamiento con vapor.

Aunque se puede usar acondicionamiento con agua, especialmente en las unidades más pequeñas, esto no es recomendable. El vapor es mucho más eficaz y evita la aparición de áreas húmedas en el producto peletizado. Por ello es el método recomendado y el que se usa en casi todas las plantas del mundo. Cuando se usa un acondicionador clásico, la "calidad" del vapor debe ser lo más seco posible (Payne, et al., 2010).

Para la producción de vapor se utiliza una caldera que contiene una válvula reductora de presión. Esta válvula permite fluctuaciones de presión por encima de ella y ayuda al arranque de la caldera. La válvula, se puede usar para cambiar la presión de acuerdo a la ración que se esté procesando, debe estar localizada unos 6 metros antes del acondicionador y en un lugar de fácil acceso, de modo que se pueda llegar a ella con facilidad. Se considera que la distancia mencionada es necesaria para que el vapor se estabilice tras la reducción de la presión. En los casos en que la válvula reductora está demasiado cerca del acondicionador, la mezcla resultante contiene vapor húmedo y sobrecalentado, éste último es arrastrado más allá del acondicionador sin ceder el calor y la humedad a la harina (Dearsley & Glenn, 2010).

2.2.4. ENFRIADORES.

- **Enfriado Horizontal:**



Figura 6. Enfriador horizontal.

Fuente: (Anonym, Advances in feed technology, 2009).

El enfriador horizontal se emplea sobre todo en casos de productos de difícil fluidez y con adiciones elevadas de líquido. El enfriador en contracorriente tiene buena utilidad para enfriar productos de fácil fluidez. El principio de contracorriente consiste en que el aire más frío entra en contacto con el pellet más frío y los más calientes con el aire calentado a través de la capa. En el enfriador vertical los gránulos fluyen por gravedad y el aire es aspirado a través de las dos columnas de pellets por medio de un ventilador. El mejor vehículo para sacar la humedad es el aire seco. Los pellets entran en el enfriador con una humedad de 12- 14 % y con una temperatura de 60-90 °C. A la salida del enfriador habrá una humedad de 10- 13 % y una temperatura de 20-30 ° C. La pérdida de humedad en el enfriador corresponde aproximadamente a la añadida con el vapor. La temperatura a la salida no será superior en más de 5-7 ° C a la ambiente (Anonym, Advances in feed technology, 2009).

Este tipo de enfriador tiene mayor flexibilidad para alcanzar el enfriamiento y secado adecuado pues se controla la velocidad a la que se desplaza la banda que transporta los pellets a través del enfriador, cambiando el tiempo de residencia. La

profundidad del lecho y la cantidad de aire se pueden controlar automáticamente o a mano. El proveedor del enfriador puede dar información sobre los detalles específicos de la operación de esta máquina (Dearsley & Glenn, 2010).

Hay que asegurarse que el lecho del enfriador está completamente cubierto con una capa homogénea de pellets de modo que el aire se disperse uniformemente y el secado sea homogéneo.

Las cortinas de aire deben ser comprobadas regularmente para asegurar que el aire del enfriador atraviese los pellets. Una cortina dañada afecta seriamente a la eficiencia del enfriador, especialmente si se está rociando grasa en el dado. Se deben inspeccionar regularmente las perforaciones de la bandeja del enfriador.

- **Enfriadores verticales ferrel ross:**



Figura 7. Enfriador vertical Ferrer ross.

Fuente: (Anonym, Advances in feed technology, 2009).

La mejor opción para reducción de temperatura en productos resultantes de los procesos de fabricación de alimentos balanceados, hojuelado de granos, cereales y pastas producidas en el proceso de extracción de aceite de semillas oleaginosas (Anonym, Advances in feed technology, 2009).

Los enfriadores verticales ocupan poco espacio físico para su instalación de las plantas nuevas o existentes, su versatilidad en varias aplicaciones así como su operación hacen de que los enfriadores sean los más económicas dentro del mercado Americano con resultados exitosos y adecuados tanto en reducción de temperatura como de control de humedad. Requieren menos flujo de aire comparado con enfriadores de contraflujo y horizontal.

Los enfriadores verticales Ferrell Ross como el RC están diseñados para enfriamiento de flujo continuo conducido por deflectores excéntricos que impiden escape de producto. Un sensor de nivel en la parte superior a la entrada del enfriador activa el deflector y la unidad de descarga giratoria. El flujo de aire es creado por el ventilador y regulado mediante la válvula de by-pass. Puertas de inspección y limpieza están incluidas en la campana del ventilador. Algunas aplicaciones son: Fabricación de alimento para animales, rolado de granos/cereales y en el proceso de semillas oleaginosas.

Este tipo de enfriador es crítico regular, ya que en la tasa de descarga se obtiene un periodo de vaciado prolongado y regular, que se adapte a la tasa de producción de la prensa y al tamaño del pellet. El vaciado suave evita que el enfriador se "cuelgue" al mantener los pellets en movimiento. También proporciona un mejor control en el caso de producir migajas (Dearsley & Glenn, 2010).

Cuando existe cambio de formulación, el enfriador debe vaciarse y esto es una operación que consume tiempo, especialmente cuando los cambios son frecuentes. Sin embargo algunos enfriadores disponen de compuertas que permiten descargar la parte inferior mientras se carga la superior. Si se usa este sistema es esencial que los finos devueltos del fondo del enfriador no se mezclen con el lote que se está peletizando en ese momento (Dearsley & Glenn, 2010).

Este procedimiento también reduce problemas de "cuelgue" o atasco en el enfriador, algo relativamente frecuente con pellets muy húmedos, con mucha

melaza o urea. Si el cuelgue no se advierte a tiempo (un sistema de control automático no puede evitar este fenómeno), el enfriador puede llegar a llenarse, los pellets pueden subir hasta la peletizadora y causar un daño considerable.

2.2.5. CARACTERÍSTICAS DEL PELETIZADOR.

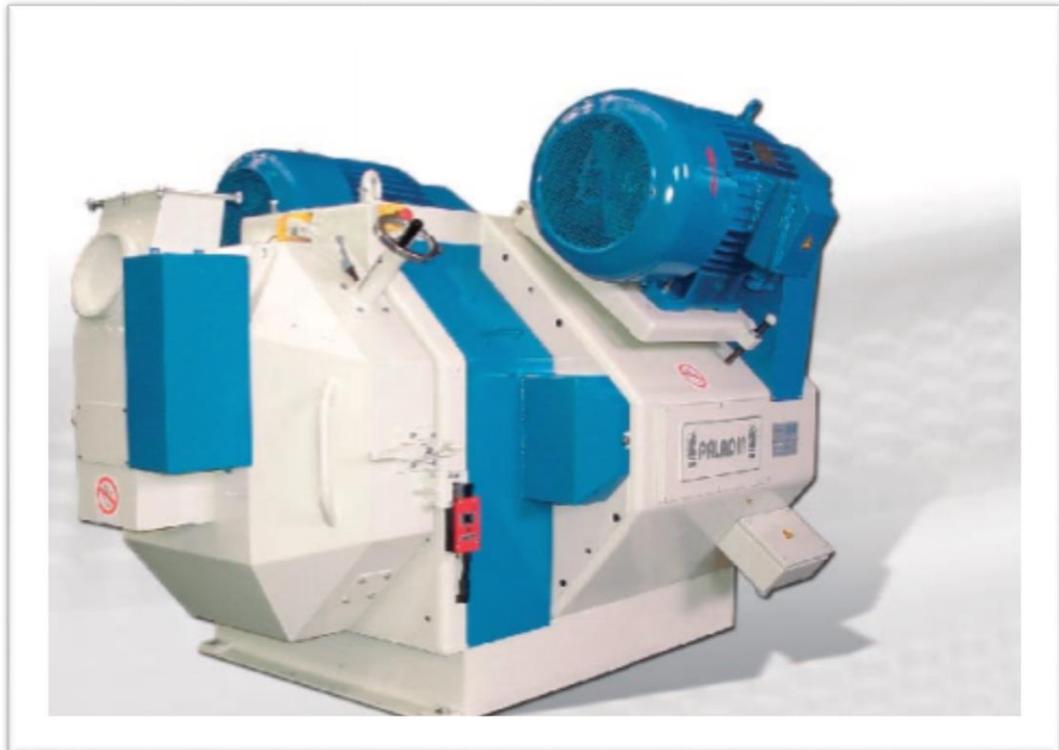


Figura 8. Peletizador.

Fuente: (Payne, et al., 2010).

Características mecánicas:

- Modelo: Paladín 2000 (Dinamarca).
- Capacidad teórica: 20 t/h.
- Motor: 2 motores (10 kilovatios).

Características físicas:

- Todas las partes en contacto con el producto están fabricadas en acero inoxidable anti-desaste.
- Prensas granuladoras de 2 rodillos.
- Ajuste manual de rodillos.
- Tapa matriz con efecto auto-pilotante que facilita el cambio de matriz.
- Puerta con bisagras bien a la derecha o a la izquierda que permite el completo acceso a la cámara de granulado.
- Eje principal rodillo reforzado, mono-block, fabricado en acero inoxidable de la más alta calidad capaz de aguantar las más severas aplicaciones.
- Protección hidráulica de sobrecarga estándar.
- Equipado con sistemas de seguridad que, en caso de irregularidades, detiene inmediatamente el molino de granulación.

2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL PELLET.

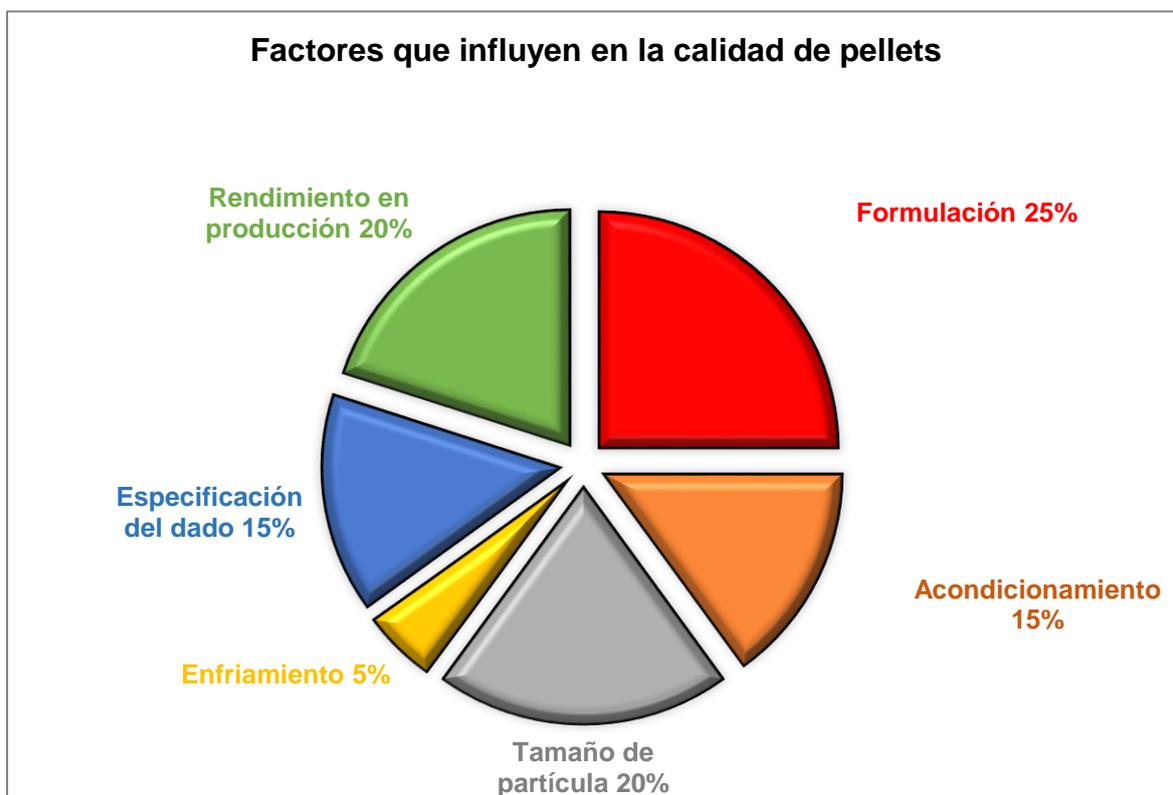


Figura 9. Factores que influyen en la calidad de pellets.

Fuente: (Mateos G, 2009).

Algunos factores importantes anteriores al procesamiento de la harina implican la calidad de la molienda y el tamaño de partículas de la harina, esto conlleva a la producción de un pellet de mejor calidad, lo que radica en una mejora del 2 al 5 % en el aprovechamiento de los nutrientes. Esto se debe a que al reducir el tamaño de las partículas, el área de exposición por unidad de volumen es mayor, por lo que hay una mayor captación del vapor (Behnke & Beyer, 2010).

Se observaron mejores resultados en la durabilidad y dureza del pellet al adicionar una inyección de vapor al acondicionamiento del pellet, así como la aplicabilidad de esta para la inactivación de factores anti nutricionales y una reducción en la carga microbiológica del alimento (Van Der Poel, 2008).

El contenido de humedad del pellet se debe manejar antes y después del acondicionamiento, la inyección de vapor aumenta el contenido de humedad de la masa. De acuerdo al contenido de humedad del producto final debe estar alrededor del 10 a 11 % de humedad, por lo cual después de peletizado debe pasar por un proceso de enfriamiento para remover el exceso de humedad (Oberberger & Thenk, 2004).

Debido a que la mayoría de materias primas se constituyen en ciertos componentes resulta más fácil estudiar la interacción de los componentes primarios del alimento en el procesamiento en los siguientes grupos: almidones, proteínas, fibras y grasas (Kaliyan & Morey, 2011).

Los almidones tienen la capacidad de atar otras partículas o de formar puentes a través de su estructura, una vez esta sea expuesta a altas temperaturas y a la humedad en el acondicionado, dando da como resultado la gelatinización del granulo. A mayor grado de gelatinización la durabilidad del pellet es mayor (Heffner & Pfost, 2011).

La gelatinización del almidón es un proceso que consiste en las modificaciones que se producen cuando los gránulos de almidón son tratados por calor en agua. A temperatura ambiente no tienen modificaciones aparentes en los gránulos nativos de almidón pero cuando se le aplica calor (60 - 70 °C), la energía térmica permite que pase algo de agua a través de la red molecular, que lo hace un aglutinante de los más comunes empleados en la actualidad (Ruíz , 2007).

Debido a que el almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante) en la industria alimentaria. Estos comportamientos pueden relacionarse con el contenido de amilopectina, ya que a mayor contenido de amilopectina se incrementa el poder de hinchamiento de los almidones y se producen geles más elásticos (Hernández & Guerrero, 2010).

Los almidones crudos que se encuentran en los cereales en forma de gránulos, al tener contacto con humedad y temperatura sufren un primer cambio que es la

expansión o hinchazón de su molécula y luego hay una difusión de amilosa se hasta finalmente convertirse en un gel debido a la formación de amilopectina, entonces la transformación de pasar de almidones crudos al estado de gel se denomina gelatinización, (cocción de los almidones) este gel. (Oscar, 2014).

Propiedades:

- 1.- Poderoso aglutinante natural = hidro estabilidad
- 2.- Hacer más digerible sustrato proteico del alimento balanceado

Los almidones gelatinizados se usan como aditivos estabilizantes, retenedores de humedad y espesantes. Los procesos de acondicionado y extrusión usados industrialmente en balanceados para obtener almidones gelatinizados ocasionan una degradación severa a los gránulos de almidón y aumentan la cantidad de sólidos solubles (Martínez, Bustos , & López, 2010).

Las proteínas al ser expuestas a temperaturas altas se desnaturalizan y su capacidad para atar otras partículas es mayor, de manera que dan más fuerza y durabilidad al pellet. Algunas proteínas derivadas de los cereales como: el trigo, la cebada, el centeno y la soya, tienen una buena capacidad para atar partículas y han demostrado tener un efecto positivo en el procesamiento (Kaliyan & Morey, 2011).

La inclusión de grasas vegetales o animales en la masa producen un efecto negativo en el peletizado, debido a su naturaleza hidrofóbica producen una fricción menor en el dado, por lo que la presión entre el dado y la masa es menor, los pellets son muy frágiles al salir del dado (Kaliyan & Morey, 2011). Para obtener pellets de buena calidad la adición de grasa antes del peletizado no debe ser mayor al 1.5%.

La adición de grasas a una dieta peletizada puede ser muy influyente en la durabilidad de pellets, recubre las partículas de alimento, lo que hace más difícil para el vapor penetrar y por lo tanto añadir humedad o el calor de transferencia

durante el proceso de acondicionamiento. La grasa también añade lubricación, tanto inherentemente, así como por el mantenimiento de la humedad en la superficie de la partícula. Esto conduce a la disminución la fricción y por lo tanto la compactación, en la matriz de pellets.

Después de acondicionado el pellet sale a temperaturas altas debido a la fricción y la presión ejercida por los rodillo y el dado, este sale a temperaturas que van de 60 a 80 °C y contenidos de humedad de 12 a 16 % (base.humeda). Por lo cual los pellets deben pasar por un proceso de enfriado para remover el exceso de humedad y bajar las temperaturas para evitar que la temperatura interna del pellet pueda causar daños por diferencias entre temperatura interna y externa. El contenido de humedad después de enfriado debe estar abajo del 13 % (base.humeda) y la temperatura debe estar a 5 °C arriba como máximo con relación a la temperatura ambiente (Maier, Kelley, & Bakker Arkerma, 2010).

2.3.1. FORMULACIÓN.

La formulación de una dieta peletizada es un factor importante en la durabilidad es el fundamento final. También es de gran influencia en el consumo de energía como se conoce a muchos ingredientes para mejorar drásticamente o disminuir la capacidad de producción. Esto puede ser debido a la presencia, o la falta de ella, de los factores de lubricantes, la capacidad de los ingredientes de la matriz de pellets, o porque la densidad aparente de un ingrediente requiere el molino para ejercer una cantidad excesiva de energía para comprimir el material antes de que pueda ser extruido a través de la matriz (Fahrenheit, Charles, & Adam, 2012).

Los ingredientes se consideran tan importantes para sedimentar durabilidad, una buena cantidad de trabajo ha ido a la catalogación de los efectos de los ingredientes individuales en índice de durabilidad del pellet, cada ingrediente afecta la calidad del pellet, hasta cierto punto (Fahrenheit, Charles, & Adam, 2012).

Los aspectos principales para realizar una formulación de calidad son, conocer el aporte de nutrientes, la disponibilidad en el mercado de cada materia prima, requerimientos nutricionales de cada especie y los costos de formulación.

2.3.1.1. Materias primas que integran la mezcla:

- **Aceite de palma:**

La grasa extraída del mesocarpio del fruto de la palma africana *Elaeis guineensis* jacq por el sistema de prensado y por solventes de alta densidad energética. El aceite en lo posible debe estar libre de impurezas insolubles e insaponificables. Investigaciones indican con relevancia que la inclusión de Aceite de Palma a niveles adecuados repercute positivamente sobre la producción de leche (Valencia, Alexandra, 2014).

- **Melaza:**

El subproducto que se obtiene en el procesamiento de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* en la fabricación o refinado del azúcar (Valencia, Alexandra, 2014).

En melaza la relación entre sacarosa e impurezas es tal, que ya no puede emplearse en el proceso de cristalización.

Características Físico-Químicas de la melaza	
Físico:	Químico:
Humedad máx. 27.0%	Total azúcares invertidos mín. 46%
° Brix mín. 77.5%	Ceniza máx 16.0%

Figura 10. Características Físicas-Químicas de la melaza.

Fuente: (Mateos G, 2009). Características Físico-Químicas de la melaza

- **Maíz:**

El maíz es el principal insumo para la elaboración de alimentos balanceados en el país, ya que todas las formulaciones contienen (80% del total de la producción nacional de alimentos balanceados), como un mínimo del 60% de este producto (Stan, 2014).

El requerimiento anual de este producto asciende a 900 mil TM y se calcula una demanda mensual de 70.000 TM. Es el conjunto de granos procedentes de cualquier variedad o híbrido de la gramínea *zea mays*.

El maíz ecuatoriano es de muy buena calidad, ya que el clima y el suelo son adecuados para su producción; su limitación está dada por el tiempo de producción, ya que en la temporada invernal de la costa ecuatoriana, se debe importar de mercados como el argentino y el americano.

En la actualidad este producto tiene gran demanda, especialmente en el mercado americano por las políticas norteamericanas de nuevas alternativas energéticas con lo que está siendo destinado a la producción de etanol (Stan, 2014). **Ver (Anexo 1).**

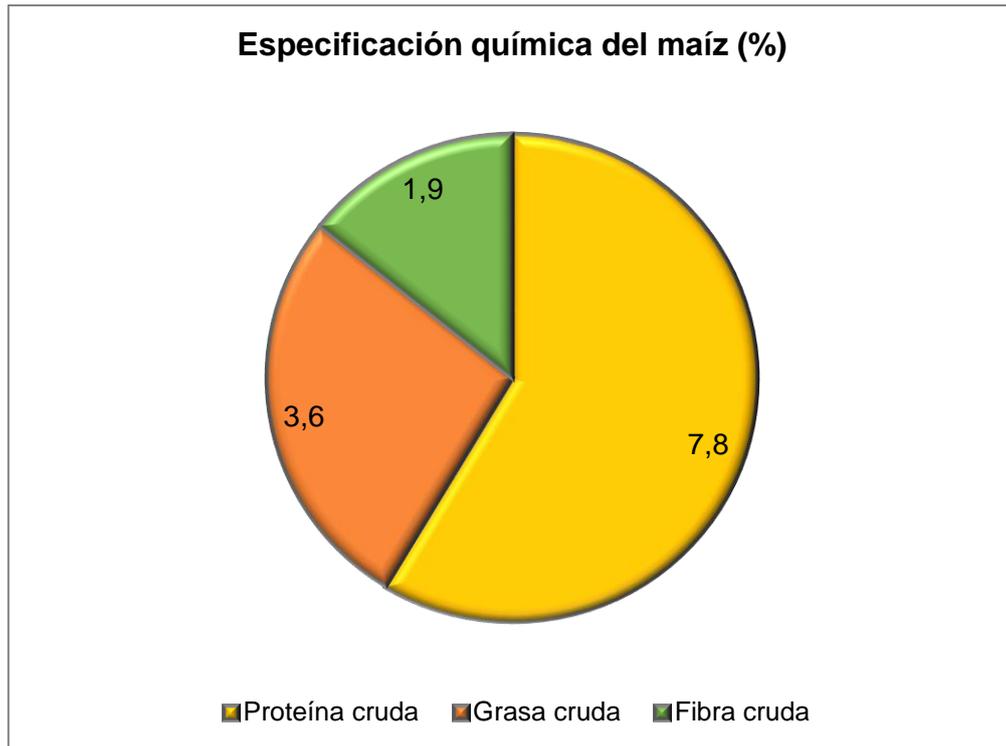


Figura 11. Características químicas del maíz.

Fuente: Adaptación (Oscar, 2014).

- **Pasta de Soya:**

La pasta de soya es otro de los insumos de mayor demanda para la fabricación de alimento balanceado, ya que la formulación de toda dieta cuenta con un mínimo del 15 % hasta un máximo del 20 %. La cantidad de este insumo dependerá directamente del costo de la soya, que tiene incidencia en como formular al mínimo costo (idea básica de la industria de alimentos balanceados). Además de ser un insumo utilizado para la formulación de alimentos balanceados para otros tipos de animales. La demanda de pasta de soya en el Ecuador es de aprox. 300.000 TM al año, alrededor del 80 % de la demanda nacional es abastecida por las importaciones (Stan, 2014).

Stan (2002) nos dice que durante el proceso se aplica calor con el fin de desactivar la ureasa y otros factores antinutricionales presentes en el grano de soya crudo. Puede contener carbonato de calcio u otro agente nutritivo o no nutritivo por ejemplo

bentonita, para impedir la formación de terrones y mejorar la fluidez de la harina, en una cantidad que no exceda al 0.5 %. **Ver (Anexo 1).**

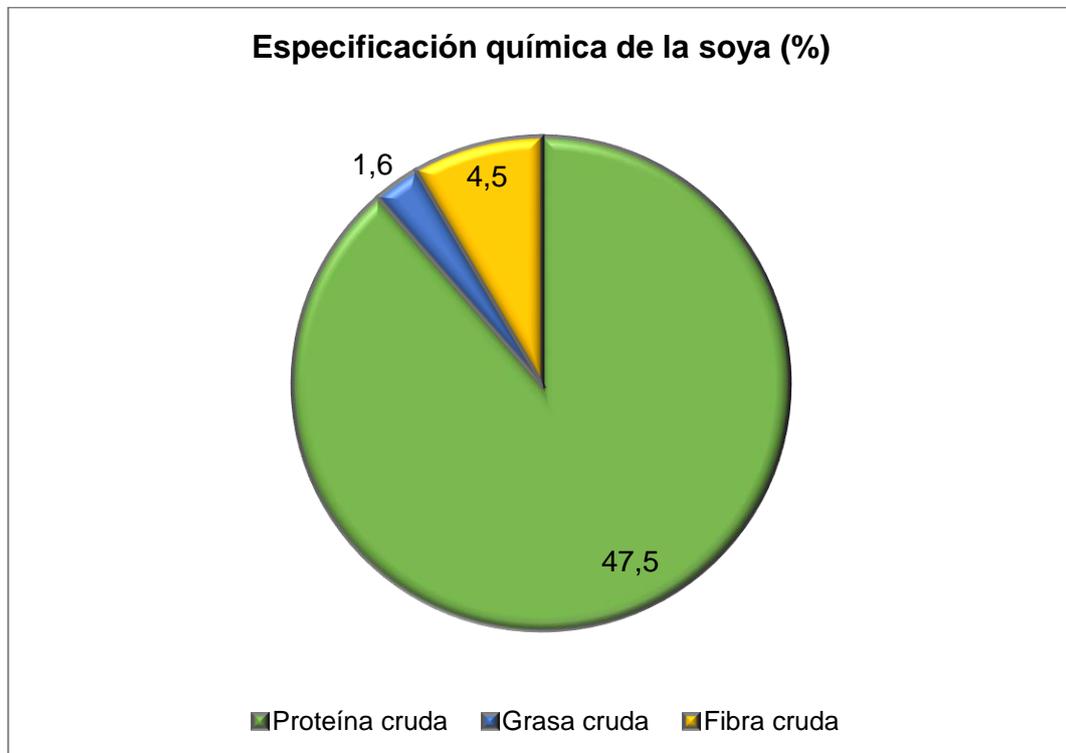


Figura 12. Características químicas de la soya.

Fuente: **Adaptación (Oscar, 2014).**

- **Harina de trigo suave *Triticum aestivum*.**

El trigo es una planta gramínea más ampliamente cultivada en el mundo, es un cereal que produce granos. Una extracción del 75 % o menor se refiere a harinas blancas, formadas sólo por el endospermo. Si el valor se acerca a 100 % indica la presencia de material no endospermo, tiene un 80 % de almidón en la harina después de romper su estructura durante la molienda, al los 70 °C aumenta su viscosidad produciendo la gelatinización favoreciendo a la aglomeración de la mezcla (Valencia, 2014).

Cada materia prima tiene capacidad diferente en la absorción de líquidos que es un factor importante en la calidad de pellet y a su vez ayuda para que la penetración de vapor en el acondicionador sea uniforme en la mezcla, la harina de trigo tiene el índice de absorción de líquidos mas elevado a diferencia de otras materias primas del 92,6 % (Rial, Méndez, & Larraga, 2009).

CLASIFICACIÓN DE LAS PROTEINAS DE HARINA DE TRIGO SUAVE DE ACUERDO A SU FUNCIONALIDAD				
	Ubicación en el grano	% En la harina de trigo	Proteínas monoméricas	Proteínas poliméricas
Proteínas no pertenecientes al gluten	Principalmente en las capas externas del grano de trigo y muy bajas concentraciones en el endospermo	15-20%	Albúminas Globulinas	Tricinas
Proteínas pertenecientes al gluten	En el endospermo del grano de trigo	80-85%	Gliadinas	Gluteninas

Figura 13. Clasificación de las proteínas de la harina de trigo suave en base a su funcionalidad.

Fuente: (Valencia, 2014).

Subproducto obtenido en la fabricación de harina de trigo suave, contiene partículas finas provenientes del tegumento del grano, pedazos pequeños de trigo entero, germen de trigo, escasa porción de harina y residuos varios del proceso de molienda (Valencia, 2014). **Ver (Anexo 1).**

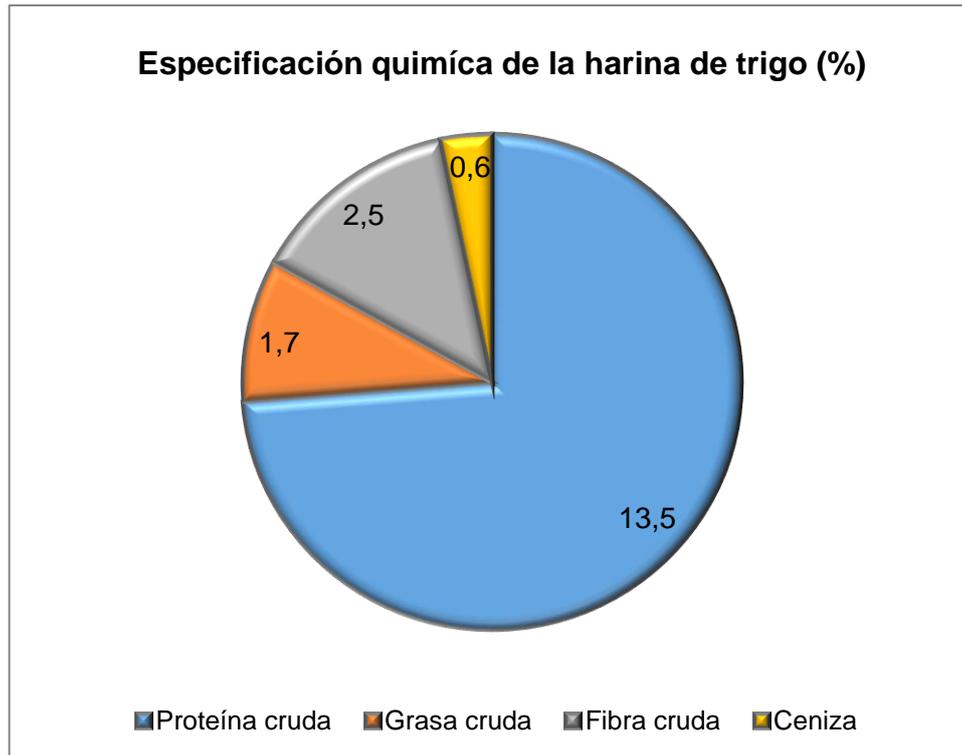


Figura 14. Características químicas de harina de trigo suave.

Fuente: Adaptación (Oscar, 2014).

2.3.1.2. Calidad de los Ingredientes:

Los ingredientes de un alimento terminado representan de un 70% a un 90% del costo de la dieta, a medida que una planta se vuelve más grande y eficiente en sus procesos, el porcentaje del costo total de los ingredientes, tiende a subir. Por lo tanto es de buen juicio económico el de prestar la adecuada atención a la calidad de las materias primas. Dado que un porcentaje alto de la variación del contenido de nutrientes de un alimento terminado está dado por la variación individual de lotes de materias primas usadas en la fabricación de alimentos (Anonym, Traceability in the Food Chain, 2009).

La calidad de un ingrediente que es recibida por una planta de alimentos terminados, debe de empezar en la mente de un proveedor. Dicho de otra forma,

la calidad de los ingredientes es el reflejo de los que los proveedores creen que se requiere en términos de calidad.

Se debe establecer dentro de un programa de aseguramiento de calidad es diseñar un método de comunicación efectivo con los proveedores, explicando las razones de los parámetros establecidos y exigidos para cada una de las materias primas empleadas.

2.3.2. GRANULOMETRÍA (TAMAÑO MEDIO DE PARTÍCULA).

El grano se muele antes de la mezcla para mejorar la tasa de digestión, disminución de la segregación y para facilitar la continuación de los procesos de peletización (Anonym, Traceability in the Food Chain, 2009).

Disminuir el tamaño de las partículas de las materias primas da como resultado una mayor área de superficie de volumen aumentado la durabilidad del pellet. Las partículas más pequeñas tendrán un número mayor de puntos de contacto dentro de la matriz de los pellets en comparación con las partículas más grandes ayudando en la compactación del mismo (Anonym, Traceability in the Food Chain, 2009).

El tamaño de partícula ayuda en la calidad de los pellets a disminuir su tamaño en las materias primas como el maíz, la soya y el trigo generando mayor estabilidad en el proceso.

El objetivo de la molienda es reducir el tamaño de las partículas de las materias primas para aumentar la superficie de exposición a la acción de las enzimas aumentando la digestibilidad de los nutrientes. Además, la molienda facilita el manejo, la mezcla de las materias primas y aumenta la eficiencia de producción y la calidad del gránulo. Por ello, se consideraba que cuanto menor sea el tamaño de la partícula mejor será el índice de conversión alimenticia.

Tabla 2. Número de tamiz, aberturas en pulgadas y en micrones para determinación de la granulometría rápida.

Tamiz	Designación	
	Abertura (pulgadas)	Abertura (micrones)
Nº 8	0.0937	2360
Nº 16	0.0469	1191
Nº 16	0.0469	1191
Nº 30	0.0234	594
Nº 50	0.0117	297
Nº 100	0.0059	150
Nº 200	0.0029	75

Fuente: (Oscar, Instrucción Planes de Muestreo y Granulometría, 2013) .

Tabla 3. Tamaño de partículas de la mezcla, maíz y soya.

Alimento	(TMP)			
	Mezcla	Maíz	Soya	Trigo
Alimento concentrado de baja densidad nutricional	640-890	570-890	560-740	540-650
Alimento concentrado de alta densidad nutricional	630-930	680-760	560-740	530-640

Fuente: (Oscar, Instrucción Planes de Muestreo y Granulometría, 2013).

2.3.3. ESPECIFICACIÓN DEL DADO Y DE LOS RODILLOS.

El uso de dados gruesos es necesario disminuir en algunos casos la temperatura de acondicionamiento para evitar el deslizamiento, debido al aumento de la humedad, el cual sirve para formar los pellets cilíndricos, por lo que la presión de la masa y el rodillo generan el pellet cuando este fluye hacia la parte de afuera del dado. Una vez fuera hay cuchillas que cortan el pellet de acuerdo al tamaño deseado. El ajuste correcto de los rodillos es esencial para obtener pellets de alta calidad, optimizar la capacidad de la prensa y alargar la vida del conjunto rodillos/dado. Es de vital importancia que el eje principal y los rodillos estén siempre suficientemente engrasados (Fahrenholz, Charles, & Adam, 2012).

2.3.3.1 Selección del dado.

La elección del dado correcto es claramente una de las decisiones más importantes que se pueden tomar en peletización. Dependiendo de la formulación, las materias primas disponibles y la especie animal a la que se está elaborando la ración alimenticia para establecer el número de dado más adecuado (Dearsley & Glenn, 2010).

Se debe tener precaución en no sobrealimentar el dado cuando se arranca, es decir, aumentar la producción poco a poco. Después de operar durante una hora se detiene la prensa y se inspeccionan el dado y los rodillos, para comprobar que la extrusión se produce en todos los orificios (Vest, 2008).



Figura 15. Dado.

Fuente: (Payne, et al., 2010).

2.3.4. RENDIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN.

Los principales parámetros que afectan la durabilidad de pellets, es el consumo energético, presión del cono y el acondicionado, que es un factor importante al afectar la durabilidad de pellets y también juega un papel significativo en el consumo de energía (Fahrenholz, Charles, & Adam, 2012).

2.3.5. ACONDICIONAMIENTO.

La velocidad del vapor que entra en el acondicionador puede también afectar la eficiencia del mezclado con la harina. La velocidad y cantidad del vapor determina el diámetro de la conducción se debe usar, pero en muchas plantas no se puede obtener el beneficio total del vapor porque el diámetro del tubo desde la válvula reductora al acondicionador es demasiado pequeño (Payne, et al., 2010).

Se recomienda que la velocidad del vapor tras la válvula reductora no debe ser superior a los 20 m/s, se necesitan no más de 45-55 kg de vapor por tonelada de pellets y por hora de producción, se puede comprobar el diámetro de las conducciones para el menor valor de presión de vapor que se obtenga.

Estudios indican que el vapor de acondicionamiento mejora la durabilidad de pellets. A partir de esto, se concluyó que el vapor actúa como un lubricante la granulación.

2.3.6. ENFRIADO.

En esta operación el control está centrado a la temperatura de salida del pellet, según los parámetros normales, la temperatura no deberá estar por encima de 5 grados centígrados arriba de la temperatura ambiente, el ensacar producto caliente

con lleva a la proliferación de hongos debido a la condensación de humedad dentro del saco.

2.4. CALIDAD DEL PELLET.

Los métodos para medir la calidad de los pellets han sido desarrollados con la necesidad de medir la fuerza o durabilidad de los mismos, por el daño que sufren a través de la carga, barrenado, almacenamiento, transporte y platos de los animales (Behnke K. , 2011).

La calidad del pellet es muy importante ya que un alimento con una alta presencia de finos (baja calidad) no produce ganancia alguna en términos productivos. La presencia de finos se ve afectado por fuerzas de compresión, impacto y cizalla (Winowisky, 2009).

2.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD FÍSICA DEL PELLET:

Según (Dearsley & Glenn, 2010) los pellets deben tener las siguientes características.

- Buen aspecto
- Sin grietas
- Longitud uniforme
- Ser duros - al menos lo necesario para soportar la presión durante el almacenamiento
- Ser durables: las características más importantes de todas. Debe ser suficientemente durable para soportar el manejo que reciban entre la fabricación y el momento de suministrarlo a los animales.

2.5. MÉTODOS DE CONTROL DE CALIDAD DE PELLET.

La Calidad del Pellet es difícil de definir puesto que es una combinación de varios factores. Algunos son sólo de preferencia personal pero otros pueden y deben medirse (Payne, et al., 2010).

Los factores descritos como "subjetivos" son aquellos en los que la preferencia personal juega un papel total o parcial. Es cierto que el color puede definirse, pero lo que constituye un buen color para un pellet puede ser objeto de debate, lo mismo sucede con la textura superficial (Payne, et al., 2010).

2.5.1. DUREZA (MECÁNICA).

- **Método de la caja volteadora (ASAE).**

Este es posiblemente el aspecto más importante de la calidad de los pellets. Durabilidad significa la capacidad de soportar el estrés del manejo y al suministro sin rotura. Se puede medir por vía mecánica (Payne, et al., 2010).

Al colocar 500 gramos de pellets sin finos se les voltea durante 10 minutos a 50 rpm. La muestra es tamizada y se pesan los pellets enteros. El porcentaje de pellets enteros que quedan se expresa como durabilidad, norma ASAE S269-4.

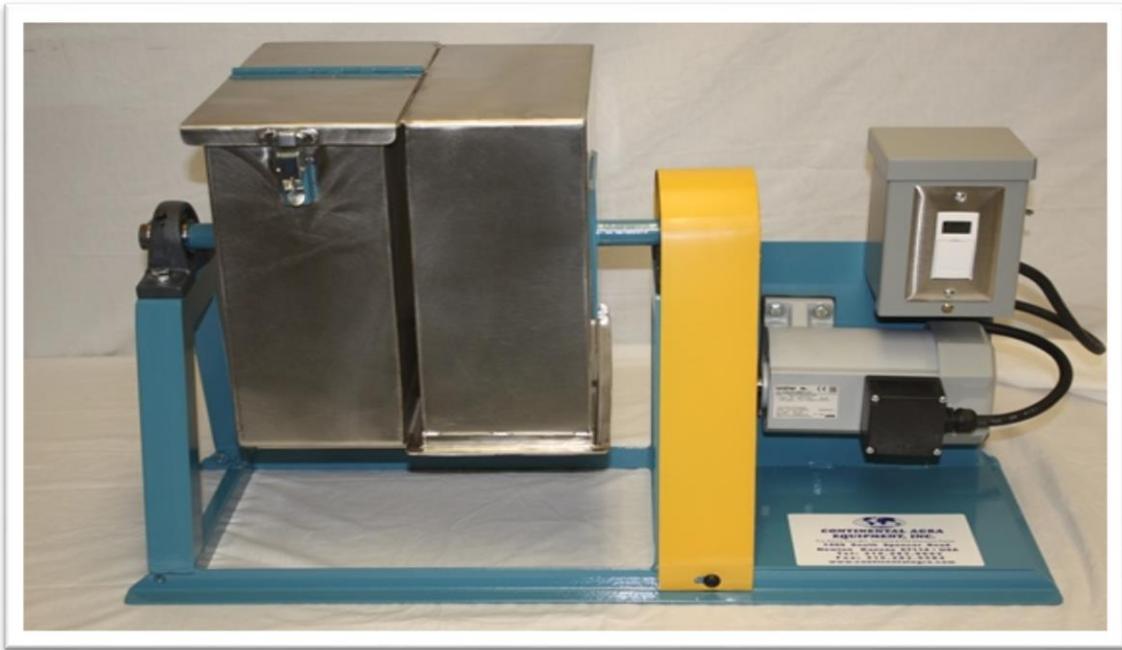


Figura 16. Pdiómetro.

Fuente: (Payne, et al., 2010).

2.5.2. DUREZA.

- Normalmente se mide por el durómetro de muelle:

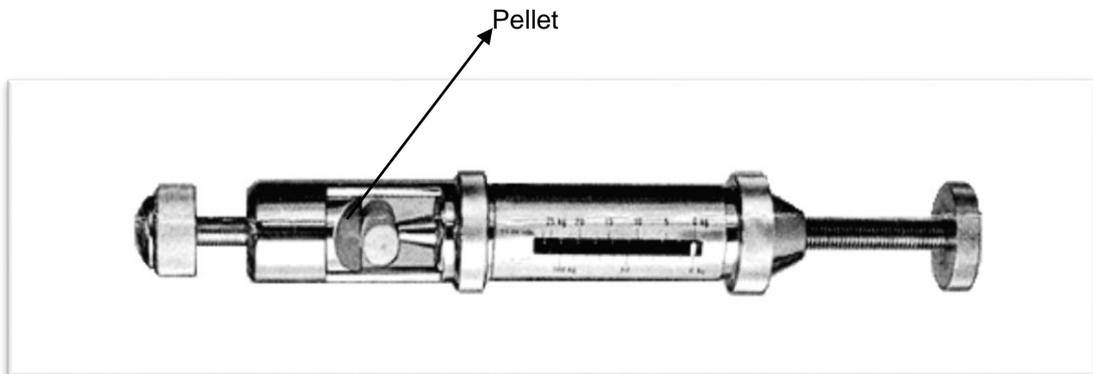


Figura 17. Durómetro.

Fuente: (Payne, et al., 2010).

John Payne et al. (2000) nos indica que el pellet se coloca entre las mandíbulas del durómetro y se ejerce presión operando sobre la rosca conectada a un muelle. El puntero indica la carga en kgf/cm^2 a la que el pellet se disgrega.

Es conveniente tomar las lecturas de presión en varios pellets pues los resultados pueden variar ligeramente según la posición del pellet en la mordaza. También porque diferentes operadores pueden obtener resultados ligeramente distintos dependiendo de la velocidad a la que se aplica la carga. Se recomienda que los test de calidad incluyan mediciones de durabilidad y dureza.

La razón es simple, la dureza es esencial para evitar la rotura entre la fabricación y el momento de transporte de la alimentación, pero es necesario un cierto grado de dureza para evitar la rotura debido a la presión en los silos de granel. Al contrario de lo que podría parecer, los pellets duros pueden no ser durables y viceversa.

2.5.3. EFICIENCIA DE PELETIZACIÓN.

La eficiencia de peletización significa producir pellets de buena calidad física a la tasa óptima de producción por el consumo de energía de la prensa. Esto no significa forzosamente hacer funcionar la prensa al menor amperaje o a la mayor producción, sino obtener la combinación más económica de ambos factores mientras se mantenga la mejor calidad del pellet. La eficiencia de peletización se define como la cantidad de energía (kWh) usada para producir una tonelada de pellets (kWh/T) (Payne, et al., 2010).

A continuación se muestra cómo calcular la eficiencia de peletización de una prensa.

Ejemplo práctico. Una prensa tardó 1,25 horas en convertir 10 toneladas de harina en pellets. El amperaje medio fue de 128,3 y el voltaje fue 415. El factor de potencia es de 0.9. ¿Cuál fue la eficiencia de peletización?

El cálculo se hace así:

- Se determina la tasa de producción (T/h).
- Se determina el amperaje medio del motor de la prensa.

$$Potencia(kw) = \frac{A \times voltaje \times \sqrt{3} \times factor \ de \ potencia}{T/h \ 1000}$$

- Asume un factor de potencia de 0,93

$$Eficiencia \ pellet \left(\frac{Kw}{T} \right) = \frac{Kw}{T/h}$$

- Se determina el voltaje de la planta
- Se aplican las fórmulas que siguen para obtener la potencia en kWh y la eficiencia de peletización.

$$Voltaje = \frac{128.3 \times 415 \times 1.73 \times 0.9}{1000} = 82,9 \ Kw$$

$$Tasa \ de \ produccion \ del \ pellet = \frac{10}{1.25} = 82 \ T/h$$

$$Eficiencia \ pellet = \frac{82.9}{8} = 10.4 \ Kw/T$$

2.5.4. REGULARIDAD DE LONGITUD (O DISTRIBUCIÓN DE LONGITUDES).

La prensa está ajustada para producir pellets de 20 mm de longitud entonces la mayoría debería acercarse a esta dimensión. Si muchos de los pellets son más cortos no sólo sufre el aspecto del alimento sino que la durabilidad se afecta también: más extremos significa más roturas (Payne, et al., 2010).

2.5.5. PORCENTAJE DE POLVO.

El porcentaje de finos o polvo se explica por sí mismo ya que la cantidad de polvo en los pellets debe ser mínima siempre que hayan sido correctamente tamizados, la especificación técnica del alimento peletizado para cada especie que el porcentaje de finos no debe ser mayor al 10 % (Payne, et al., 2010).

2.6. PARÁMETROS DE PROCESO PARA ALIMENTO DE VACAS LECHERAS.

Parámetros de proceso para alimento de vacas lecheras			
Presión de vapor	Temperatura de la harina a la salida del acondicionador	Intup de energía del motor de la prensa	Inclusión de lignosulfonato
2.5-4 bar	75-85 °C	20-24 KWh/t	1-2 %

Figura 18. Parámetros de proceso para alimento de vacas lecheras.

Fuente: (Behnke 2002).

- Estos alimentos tienden a ser fibrosos y voluminosos. Cuanta más fibra tiene un alimento, más difícil es añadirle vapor y un exceso del mismo cause que los pellets se expandan y se agrieten, especialmente en los de mayor diámetro (Behnke K. , 2011).
- Los materiales ricos en fibra tienden a mejorar la calidad del pellet, pero disminuyen la tasa de producción.
- Los subproductos de almidón procesados (por ejemplo almidón de maíz) tienden a no absorber la humedad, por lo que pueden existir dificultades en la aplicación del vapor cuando se usan esos materiales un lignosulfonato puede ser de gran ayuda.

- Con ciertas combinaciones de ingredientes que tienden a no aceptar el vapor se puede mejorar el proceso añadiendo 1 % de agua a la mezcladora. Sin embargo esto puede crear zonas de alta humedad que llevan a degradación de vitaminas y a crecimiento fúngico.
- Si se usa un acondicionador horizontal se debe inyectar, al menos, una parte del vapor junto con melaza.
- Para mantener la calidad del pellet, en algunas fórmulas podría ser necesario operar la prensa por debajo de su capacidad para aumentar el tiempo de residencia de la harina en el dado. Si hay que hacer esto puede ser necesario usar un dado de mayor compresión.

John Payne et al. (2000) nos dice la alimentación de vacas productivas de leche ha llevado a obtener mejor resultado en el desarrollo y productividad de los animales atribuido a los siguientes factores:

- Menor desperdicio Reducción de la selectividad del alimento en los animales
- Destrucción de algunos organismos patógenos
- Mejora en la palatabilidad
- Gelatinización de los almidones y desnaturalización de proteínas.

2.6.1. TECNOLOGÍA DE PELETIZADO PARA LA GANADERÍA LECHERA.

La tecnología de producción de pellets se introdujo en China por primera vez en la década de 1930. Desde entonces, el peletizado se ha convertido en una de las técnicas más comunes en el procesamiento de los alimentos balanceados. Los pellets tienen muchas ventajas sobre el resto de los alimentos balanceados, ya que tienen menos polvo, proporciona una nutrición más equilibrada, aumenta el consumo de alimento, es fácil de almacenar y transportar. El objetivo de la cría de

vacas lecheras es producir leche. La producción y calidad de la leche depende directamente de la absorción de la nutrición diaria de alimento. Esto significa que los alimentos balanceados de las vacas lecheras deben formularse sobre la base de una relación científica para asegurar que el animal obtenga los nutrientes necesarios para su crecimiento y la producción de leche (Zhou & Machinery, 2013).

Las vacas son ruminantes típicos, por lo que los productores deben garantizar que el rumen no sólo esté bien nutrido, sino también que las materias primas del alimento estén adaptadas para el metabolismo y la digestión (Zhou & Machinery, 2013).

2.6.2. ALIMENTACIÓN PARA VACAS LECHERAS.

El rendimiento de producción de leche de una vaca depende de cuatro factores principales: (a) capacidad genética; (b) programa de alimentación; (c) manejo del rebaño; y (d) salud del rebaño. Como la genética de las vacas tiende siempre a mejorar, se debe mejorar los programas de alimentación y gestión para permitir a la vaca producir toda su potencialidad heredada. Un buen programa de alimentación para el rebaño lechero, debe considerar, la cantidad de alimento, la calidad de la alimentación y como y cuando los diferentes tipos de alimentos deben ser suministrados (Weeler, 2010).

La vaca de alta producción en el lactancia necesitará una ración que contiene no menos de 40-45% forraje y de 55-60% concentrados. La cantidad de leche producida es el resultado de una serie de acciones combinadas (factores genéticos, historia nutricional, estado de lactancia y prácticas de manejo donde las variaciones de producción de leche corresponden en 10% a las razones genéticas, 30-40% prácticas de manejo y 50-60% a la nutrición (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).

Los alimentos se clasifican en las siguientes categorías:

- Forrajes
- Concentrados (alimentos para energía y proteína)
- Minerales y Vitaminas.

2.6.2.1. Concentrados:

Los alimentos balanceados de las vacas lecheras deben formularse sobre la base de una relación científica para asegurar que el animal obtenga los nutrientes necesarios para su crecimiento y la producción de leche, con un tamaño de pellet de 5 mm (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).

El excesivo consumo de concentrados provoca en monogástricos una hiperglucemia transitoria, en rumiantes da lugar a una acidosis ruminal, ya que las raciones con un contenido elevado de carbohidratos de rápida fermentabilidad favorecen la producción de ácido láctico y altas concentraciones de ácidos grasos volátiles que reducen el pH ruminal. La *acidosis ruminal crónica* (pH entre 5.0-6.0) debido a un exceso de concentrado y a una falta de fibra es la indigestión más frecuente en vacas de leche. Prácticamente se presenta sin síntomas: el bajo pH reduce los movimientos ruminales, por lo que se dificulta la expulsión de gases, lo que provoca un ligero meteorismo.

Por otra parte, el bajo pH ruminal provoca una disminución de la actividad de las bacterias celulolíticas, reduciéndose la degradabilidad de la fibra; no obstante, esto no es excesivamente importante, porque la contribución energética de los forrajes es mínima en las raciones que provocan la acidosis ruminal. La consecuencia más importante de la acidosis crónica es la reducción del consumo y de la producción de leche; la deficiencia de fibra también está relacionada con un menor contenido graso de la leche (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).

Características:

- Alimentos que son bajos en fibra y altos en energía.
- Los concentrados pueden ser altos o bajos en proteína. Los granos de cereales contienen <12 % proteína cruda, pero las harinas de semillas oleaginosas (soja, algodón, maní) llamados alimentos proteicos pueden contener hasta >50% de proteína cruda.
- Los concentrados tienen alta palatabilidad y usualmente son comidos rápidamente. En contraste con los forrajes, los concentrados tienen bajo volumen por unidad de peso (alta gravedad específica).
- En contraste con los forrajes, los concentrados no estimulan la rumia.
- Los concentrados usualmente fermentan más rápidamente que los forrajes en el rumen. Aumentan la acidez (reducen el pH) del rumen lo cual puede interferir con la fermentación normal de la fibra.
- Cuando el concentrado forma más de 60-70 % de la ración puede provocar problemas de salud.

Ejemplos de Alimentos Concentrados:

Los granos de cereales (cebada, maíz, sorgo, arroz, trigo) son alimentos de alta energía para las vacas lecheras, pero son pobres en proteína. Granos de cereales aplastados o rotos son fuentes excelentes de carbohidratos fermentables (almidón) lo cual aumenta la concentración de energía en la dieta. Sin embargo, demasiado grano de cereales en la dieta (más de 10 a 12 kg./vaca/día) reduce la masticación (rumia), interfiriendo con la función del rumen y reduciendo el porcentaje de grasa en la leche. Los tratamientos industriales de granos de cereales producen numerosos subproductos cerealeros que tienen valores nutritivos diversos (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).

La harina de gluten de maíz producida por la molienda húmeda del almidón de maíz. Es una fuente excelente de proteína (40 a 60 %) y energía. Los salvados de granos de cereales (arroz y trigo) agregan fibra a la dieta y contienen de 14 a 17% de proteína. El salvado de trigo es una fuente buena de fósforo y funciona como laxativa. Las cascavas de algunos granos de cereales (cebada, avena, trigo) contiene solo 3 a 4 % de proteína y 85 a 90 % de fibra altamente indigestible (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).

- Los subproductos de cervecería y destilería de granos de cereales son buenas fuentes de carbohidratos lentamente digestibles y de proteína (20 a 30 %) (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).
- Los rebrotes de malta (granos germinados de cebada) tienen un sabor amargo y usualmente se mezclan con otros alimentos (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).
- Raíces y tubérculos (zanahorias, mandioca, remolacha, papas y nabos) son usualmente palatables y buenas fuentes de carbohidratos fácilmente fermentables (energía) pero bajos en proteína menor al 10 % (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).
- Subproductos de la industria azucarera (melaza, remolacha azucarera) usualmente son altos en fibra fácilmente digestible hacen alimentos palatables (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).
- Ciertas plantas acumulan lípidos en sus semillas (semillas oleaginosas). Muchas de estas crecen en el trópico y subtropical (soja, maní, algodón) pero algunas son producidas en los países templados (lino, canola, girasol). Las semillas oleaginosas enteras pueden servir como alimentos de alta energía pero usualmente contienen sustancias anti-nutricionales. Con más frecuencia las harinas de semillas oleaginosas, producidas como subproducto de la extracción

del aceite y que contienen 30-50 % de proteína, son usadas como alimentos protéicos (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).

- Semillas de leguminosas (habas, garbanzos, guisantes) contienen sustancias anti-nutricionales, pero después de procesamiento adecuado son una buena fuente de energía y proteína (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).
- Proteínas de origen animal (harinas de carne o hueso, de plumas y de pescado) usualmente son resistentes a la degradación en el rumen y pueden servir como buenas fuentes de fósforo y calcio. Deben ser manejadas con cuidado para evitar riesgos de transferencia de infecciones. El suero de leche, un subproducto lácteo, contiene alta cantidad de lactosa (azúcar de la leche) y además contiene algo de proteína y minerales (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).

2.6.2.2. Composición de los concentrados:

- Concentrados energéticos:

Son los granos de cereales, las grasas, los azúcares y las melazas. Los más importantes son los cereales, que presentan un elevado valor energético debido a su alto contenido en almidón. Son concentrados ricos en energía y pobres en proteína (Luciano, 2010).

- Harina de trigo suave *Triticum aestivum*:

Aporta fibra a la dieta fibra altamente digestible, fosforo y contienen de 14 a 17 % de proteína.

Se recomienda agregar el 10 % de harina de trigo *Triticum aestivum* en la formulación para evitar cambios nutricionales que disminuyen la palatabilidad y físicos cambio en el color del producto terminado (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).

- Harina de maíz:

El almidón (74 % de Materia Seca) es fermentado en la panza o rumen lentamente, suministrando a las bacterias un adecuado sustrato durante un prolongado período de tiempo. Provoca muy pocos casos de acidosis, el 26 % del almidón no fermenta en el rumen (almidón bypass). La proteína (9 % de la materia seca) es poco degradable en el rumen, el 60 % de la proteína no se degrada en el rumen lo que se conoce como (proteína bypass) (Luciano, 2010).

- Harina de cebada:

El almidón (60 % de Materia Seca) fermenta rápidamente en el rumen por lo que puede dar lugar a mayores riesgos de interacciones digestivas y acidosis ruminal (el 10 % del almidón es Bypass). La proteína (12 % de Materia Seca) es degradada por las bacterias del rumen en un alto porcentaje (el 25 % de proteína es bypass) (Luciano, 2010).

- Pulpa de remolacha:

Es un subproducto de la fabricación del azúcar. Alimento de elevado valor energético, muy adecuado para vacas lecheras (Luciano, 2010).

Tiene niveles bajos de proteína bruta (9 % de Materia Seca) y niveles altos de fibra bruta (22 % de Materia Seca, fibra muy digestible al tener valores bajos de lignina). Tiene un alto contenido en calcio (1 % de Materia Seca) (Luciano, 2010).

- Algarroba:

Son las vainas del fruto del algarrobo. Es de interés por sus características astringentes, su apetecibilidad y su palatabilidad.

Es un alimento energético debido al alto contenido en azúcares (40-50 % de Materia Seca), que fermentan rápidamente en el rumen. Tiene un bajo contenido en proteína (4,5 % de Materia Seca).

Problema.- La presencia de taninos (2-16 % de Materia Seca) provoca la disminución de la digestibilidad de las proteínas, reduciendo el aprovechamiento de dichos nutrientes.

Recomendación.- No superar niveles del 10 % en las mezclas (Luciano, 2010).

- Melaza:

Puede ser de caña de azúcar o de remolacha. La de caña de azúcar tiene más humedad, menos proteína y energía que la remolacha, además del 45-50 % de azúcares (Luciano, 2010).

Su empleo aumenta la compactación de las mezclas y favorece la utilización del nitrógeno no proteico. El nivel de empleo del 2-3 % mejora la calidad del gránulo haciendo que los animales aprovechen más efectivamente los alimentos fibrosos y reduce la proporción de polvo (Luciano, 2010).

Recomendación.- No sobrepasar niveles del 5 % en las mezclas, porcentajes superiores caramelizan la mezcla causando complicaciones en el proceso (Luciano, 2010).

Inconveniente.- El uso de este producto en la elaboración del alimento trae desventajas en el momento del consumo ya que es un atrayente de moscas en la época de verano (Luciano, 2010).

- Concentrados proteicos :

Son las tortas oleaginosas (residuos obtenidos de las semillas de las plantas oleaginosas una vez extraído el aceite), la semilla entera de algodón y los subproductos de la industria transformadora del maíz. Tienen un elevado contenido en proteína, pero también en energía (Luciano, 2010).

- Torta de soja:

Muy utilizada en la alimentación de los rumiantes debido a su alto contenido en proteína. Pueden ser de distintos niveles: 44 %, 46 %, 48 % y 50 % en función de su contenido en proteína bruta. La más utilizada en vacas de leche es la torta de soja del 44 %. El 38 % de su proteína bruta es *bypass* (aquella que no es degradable en el rumen) (Luciano, 2010).

- Torta de coco:

Es un alimento excelente para vacas pues resulta muy apetecible (mejora la aceptabilidad de las mezclas en las que entra) (Luciano, 2010).

Contiene alrededor del 10 % de grasa. Puede enranciarse con facilidad, provocando trastornos digestivos que afectan a la calidad de la leche (Luciano, 2010).

- Semilla entera de algodón:

De gran interés en vacas lecheras por su elevado valor tanto energético como proteico.

El contenido en fibra es elevado (27 % de Materia Seca) y bastante digestible, dependiendo esta digestibilidad de la cantidad de borra que contenga. Tiene un alto contenido en grasa (20 % de la materia seca) (Luciano, 2010).

Inconveniente.- La presencia de un pigmento alcaloide (gospol), que es tóxico, puede dar lugar a problemas reproductivos (Luciano, 2010).

Recomendación.- No superar los 2-3 kg por vaca y día (Luciano, 2010).

- Bagazo de maíz o torta de germen de maíz:

Subproducto de la industria transformadora del maíz en la producción de almidón y azúcares. El germen de maíz, una vez separado del grano vía húmeda es deshidratado y prensado, al objeto de extraer el aceite que contiene. El residuo de esta extracción es el bagazo de maíz. Tiene un elevado contenido en proteína (22 % de Materia Seca) y en grasa (15 % de Materia Seca), por lo que tiene un alto valor energético y proteico (Luciano, 2010).

Es muy apreciado por los animales debido a su olor agradable (Luciano, 2010).

- Gluten de maíz :

También es un subproducto de la industria transformadora del maíz en la producción de almidón y azúcares. Es una mezcla compuesta por partículas de harina de maíz, cáscara del grano (salvado), gluten y agua de condensación (Luciano, 2010).

Es un alimento rico en proteína (22 % de Materia Seca), con un alto contenido en

energía fácilmente fermentable en el rumen. Da un color oscuro a las mezclas (Luciano, 2010).

Recomendación.- No sobrepasar niveles del 15-20 % (Luciano, 2010).

2.6.2.3. Forrajes.

Los forrajes son las partes vegetativas de las gramíneas o de las leguminosas que contienen una alta proporción de fibra (más de 30 % de fibra neutro detergente). Los forrajes son requeridos en la dieta en una forma física grosera (partículas de más de 1 o 2 mm. de longitud). Los forrajes pueden ser pastoreados directamente, o cosechados y preservados como ensilaje o heno. Según la etapa de lactancia, deben estar formando parte de casi un 100 % (en vacas no-lactantes) a no menos de un 30 % (en vacas en la primera parte de lactancia) de la materia seca en la ración (Luciano, 2010).

Las características generales de los forrajes son las siguientes (Luciano, 2010):

- Son bajos en proteína cruda.
- Requieren suplementación adecuada especialmente con proteína y minerales.
- Deben picarse durante su cosecha o antes de ser suministrados.
- Pueden ser incluidos en las raciones de vacas no-lactantes que tienen demandas menores de energía (Luciano, 2010).

2.6.2.4. Minerales y vitaminas.

Los minerales y vitaminas son de gran importancia en la nutrición. Las deficiencias de los mismos pueden resultar en pérdidas económicas grandes. En las vacas lactantes, los macro minerales de principal importancia son cloruro de sodio (NaCl),

calcio (Ca), fósforo (P), y a veces magnesio (Mg) y azufre (S). La fiebre de leche en los primeros días de la lactancia se debe a un desequilibrio en el metabolismo del calcio (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).

El fósforo es esencial para mantener una buena fertilidad en el hato (Wattiaux & Howard, Alimentos para vacas lecheras, 2010).

Las vitaminas A, D y E son de suma importancia. La vitamina A es muy probable que este en cantidades deficientes en un invierno largo o durante una sequía prolongada. Los microbios del rumen sintetizan vitaminas del complejo B, C y K y, en consecuencia, normalmente no hay que suplementar estas vitaminas.

2.6.3. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES NUTRITIVAS DE LAS VACAS DE LECHE.

Los requerimientos nutricionales para vacas lecheras se calculan en función de la materia seca y el peso vivo.

Energía: Los cálculos de las necesidades de energía en el ganado vacuno se realizan en unidades de energía neta de lactancia (ENL, Mcal), englobado en las necesidades de mantenimiento gestación y reproducción (Fernández, 2009).

La valoración energética también se expresa en base de unidades de forraje de leche (UFL), que se han calculado en transformación directa por los valores de ENL, (1UFL=1700 Kcal de ENL de un kilogramo de cebada estándar). Cuando las condiciones se establecen en concentración debido a la diversidad de contenido de materia seca de las raciones se establece en unidades de Kg de Materia Seca con el objetivo de establecer la concentración adecuada de nutrientes para optimizar la producción (Fernández, 2009).

Proteína: Los sistemas actuales de formulación utilizan Proteína Metabolizable, como valoración proteica de las necesidades. La Proteína Metabolizable se define

como la proteína absorbida en el intestino, es aportada por la proteína microbiana y la ingerida en el alimento y no degradada en el rumen.

El cálculo de la proteína metabolizable en vacuno lechero se ha realizado en forma efectiva en el sistema Consejo Nacional de Investigación, establece condiciones de proteína degradable (Proteína Degradable % Materia Seca) y no degradable (Proteína Degradable % Materia Seca) en el rumen y Proteínas Digestible en el Intestino (Fernández, 2009).

$$PB (\%) = PDI (\%) / ((64 + (0,16 \times PB \text{ indigerible } (\%))) / 100)$$

-PB= Proteína bacteriana

-PDI= Proteína digestible en el intestino

Minerales y vitaminas: Los aportes de necesidades de minerales y vitaminas se recomienda utilizar con un margen de seguridad con el objetivo de cubrir el contenido de estos minerales en las materias primas utilizada (Fernández, 2009).

Las necesidades verdaderas se calculan por unidad de mineral absorbible.

Al considerar independientemente la disponibilidad real de cada mineral y vitamina de cada alimento de una dieta, las necesidades pueden cubrirse de una forma más precisa, mejorando el manejo de los nutrientes y reduciendo la acumulación de exceso de minerales en las granjas (Fernández, 2009).

Lípidos: Las raciones de los rumiantes contienen una porción de lípidos vegetales del 3 y 4 %, la grasa tienen como objetivo aumentar la concentración energética de la ración, debe formularse dependiendo de la cantidad de alimento que se va a realizar (Fernández, 2009).

Tabla 4. Calculo de necesidades para una vaca lechera de 700 kg de peso vivo produciendo diferentes niveles de leche al 4 % de grasa y 3,20 % de proteína.

	50 litros/d		40 litros/d		30 litros/d		20 litros/d
	4	20	4	20	4	20	4
Semanas	4	20	4	20	4	20	4
Ingestión MS	24,5	31,4	21,6	27,8	18,9	24,1	20,4
ENI, Mcal/d1	48,4	48,4	40,9	40,9	33,4	33,4	25,9
Cambio de peso Kg/d2	-1,2	0,4	-1,0	0,4	-0,8	0,4	0,4
ENI movilizada	-6,0	2,0	-5,0	2,0	-4,0	2,0	2,0
ENI dieta, Mcal/d	42,5	50,4	35,9	42,9	29,4	35,4	27,9
ENI/kg Ms	1,7	1,6	1,7	1,5	1,6	1,5	1,4
UFL/kg Ms	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8
PB %	18,7	16,0	17,6	15,1	16,2	14,0	14,0
PDR, % PB	57,3	67,1	60,1	71,0	66,4	76,6	86,2
PDI, g/d	2938,0	2938,0	2439,0	2439,0	1940,0	1940,0	1441,0
PDI, g/kg Ms	12,0	9,4	11,3	8,8	10,3	8,1	7,1

Fuente: (Fernández, 2009).

2.6.3.1. Composición de la fórmula para vacas lecheras.

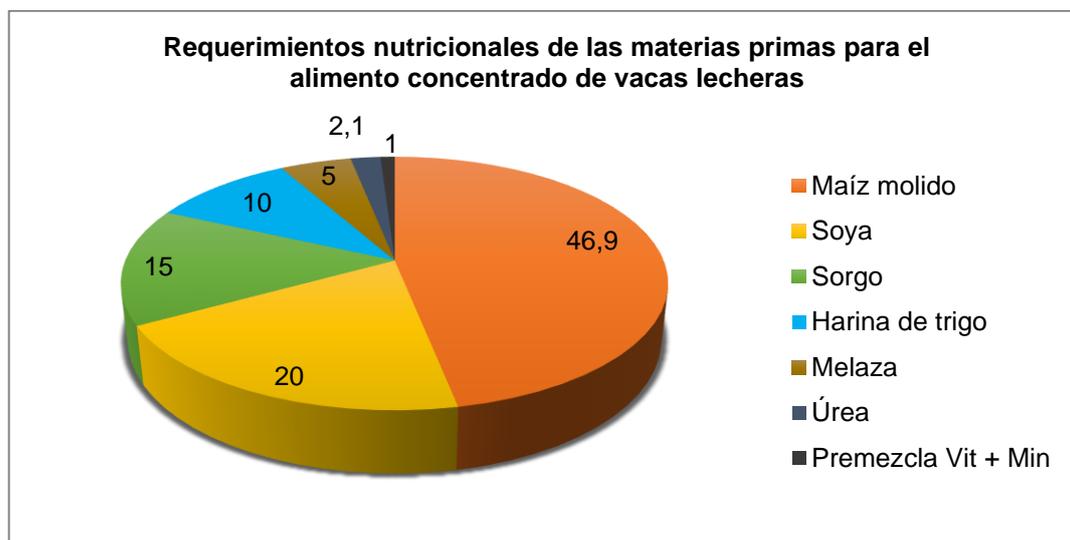


Figura 19. Composición de la fórmula para vacas lecheras.

Fuente (Howard,2010).

2.6.4. ALIMENTO CONCENTRADO DE ALTA DENSIDAD NUTRICIONAL.

El alimento esta nutricionalmente balanceado para suplementar la dieta diaria de vacas en producción y que está basado en la inclusión de pastos de excelente calidad con un adecuado manejo de praderas, sales mineralizadas y abundante

agua fresca. El suministro dependerá de la cantidad, la calidad de forraje y de la producción de leche. No se deberá exceder de una cantidad de alimento equivalente al 1.5% de peso corporal (Yanez & Yopez, 2014).

Tabla 5. Especificaciones técnicas alimento concentrado de alta densidad nutricional.

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIÓN	TOLERANCIA NUTRICIONAL
QUÍMICOS:		
Proteína cruda	15.0%	± 1.5%
Fibra cruda	4.80%	± 0.5%
Grasa cruda	8,10%	± 0.3%
Ceniza	6.40%	± 1.0%
FÍSICOS:		
Humedad	10.80%	± 1.1%

Fuente: (Chávez, 2014).

2.6.5. ALIMENTO CONCENTRADO DE BAJA DENSIDAD NUTRICIONAL.

Las vacas en producción lechera entre 12-16 l/día, dependerá de la cantidad y la calidad de forraje disponible, del peso corporal, cuya cantidad no exceda al 1.5 % del peso corporal, debe incluir pasto de buena calidad, sales minerales, abundante agua fresca y limpia en todo momento (Yanez & Yopez, 2014).

Tabla 6. Especificaciones técnicas alimento concentrado de baja densidad nutricional.

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIÓN	TOLERANCIA NUTRICIONAL
QUÍMICOS:		
Proteína cruda	13.0%	± 1.5%
Fibra cruda	7.00%	± 0.5%
Grasa cruda	5.60%	± 0.3%
Ceniza	6.70%	± 1.0%
FÍSICOS:		
Humedad	10.80%	± 1.1%

Fuente: (Chávez, 2014).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. MATERIALES.

3.1.1. MATERIA PRIMA.

- Maíz
- Afrechillo
- Harina de trigo suave *Triticum aestivum*
- Melaza
- Pasta de soya
- Caliza
- Aceite de palma
- Afrecho de cerveza

3.1.2. ADITIVOS.

- Luctamold
- Fosfato

3.1.3. EQUIPOS.

- Balanza manual
- Balanza analítica
- PDIómetro
- Equipo de actividad de agua
- Molino de martillos
- Peletizador Paladín 2000

- Sistema de bacheo control de tolvas, acondicionado y expandido.
- Sistema Brill formulación y control de la inclusión de materias primas macros y micros
- Sistema agitador Ro-Tap, para análisis de granulometría.
- Balanza halogena
- Durómetro kahl, con resorte de escala 0 a 25 kgf/cm²

3.1.4. MATERIALES.

- Fundas plásticas
- Marcadores
- Pala
- Pluma
- Bandeja plástica
- Brocha
- Mallas o tamices Tyler

3.2. METODOLOGÍA.

3.2.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El estudio se realizó en la Planta de Alimentos Balanceados para animales, localizado Av. Interoceánica Km 21 Sector Chiche Puenbo, Pichincha, Ecuador, en los laboratorios de análisis físico-químico y áreas de producción y nutrición animal, las mismas que se dedican al procesamiento de alimentos balanceados para aves en las diferentes etapas, ganado: bovino, porcino, cuyes-conejos y equinos.

3.2.1.1. Ubicación del experimento.

Tabla 7. Ubicación del área de investigación.

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Quito
Lugar:	Planta de Alimentos Balanceados Puembo
Calles:	Av. Interoceánica Km 21 Sector Chiche Puembo
Altitud:	2.220 msnm
Temperatura anual media:	12 °C
Humedad relativa promedio:	79 %

Fuente: (Centro de Monitoreo del Clima de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Quito), 2014-2015.

3.3. MÉTODOS.

3.3.1. MUESTREO.

Las muestras fueron tomadas de cada lote de producción de alimento peletizado, durante los seis meses de la investigación experimental para las dos tipos de raciones, alimento concentrado de alta densidad nutricional y concentrado de baja densidad nutricional.

3.3.1.1. Dureza:

Consiste en determinar la durabilidad del pellet, se tomara las lecturas de diez pellets por lote, pues los resultados pueden variar ligeramente según la posición del pellet en la mordaza. También porque diferentes operadores pueden obtener resultados ligeramente distintos dependiendo de la velocidad a la que se aplica la carga.

Procedimiento:

Colocar entre las mandíbulas del durómetro y ejercer presión operando sobre la rosca conectada al muelle.

3.3.1.2. Determinación, migajas, finos e índice de durabilidad de pellet normal y modificado:

Según Lara (2006) consiste en determinar el porcentaje de deterioro que sufre una cantidad de pellets, al someterlos a movimiento mecánicos bruscos con fricción y durante cierto tiempo, similar condiciones de manejo en los mismos.

Procedimiento:

- a) Colocar 500 gramos de una muestra sobre la malla # 6, después usar la malla #12 para separar migajas en el fondo de los tamices. Tamizar suavemente para separar las dos fracciones de migajas y finos.
 - b) De la fracción gruesa retenida sobre la primera malla seleccionada, pesar 500 gramos y vaciarlos en el interior en el interior de los comportamientos del equipo determinador de durabilidad.
 - c) Accionar el motor del equipo y mantener la rotación durante 10 min a 50 rpm.
 - d) Al cabo de este tiempo, colocar el producto en las mallas descritas en el literal (a) y la operación de tamizado.
 - e) Pesar la fracción gruesa retenida en la malla y expresar el resultado en % de PDI.
- Nota:** Para el cálculo del (PDI) modificado se realizara conforme a los literales, a, b, c, d, e, con la diferencia que en la caja volteadora se agregaran 10 tuercas de 3/8.
- f) Pesar la fracción de pellets quebrados retenidos en la malla #12 y expresar el resultado cómo % de migajas.
 - g) Pesar la fracción fina del fondo y expresar el resultado cómo % de finos.

(PDI= índice de durabilidad del pellet)

Cálculos:

$$\% PDI = \frac{PF}{PI} \times 100$$

Donde:

PI= peso inicial de la muestra que se introduce al equipo (gramos)

PF= peso final de pellets intactos, fracción gruesa (gramos)

$$\% \text{ Migajas} = \frac{PF1}{PI} \times 100$$

Donde:

PI = peso inicial de la muestra que se introduce en el equipo (gramos)

PF1 = peso final de migajas retenidas en la malla #12 (gramos)

$$\% \text{ Finos} = 100 - \% \text{ PDI} - \% \text{ MIGAJAS}$$

Donde:

100= valor de referencia para expresar el resultado en %.

3.3.1.3. Determinación de la granulometría de productos por el método rápido:

Oscar (2013) dice que la granulometria es la medida del tamaño promedio de las partículas de una masa sólida fragmentada, norma ASAE ISO 2591-1, para ello se procede de la siguiente manera:

- Armar el sistema de tamices en el siguiente orden de numeración, N.- 8, 16, 30, 50, 100, 250 y el plato recolector.
- Pesar 50g de la muestra previamente homogenizada y poner sobre el primer tamiz.
- Prender el Ro-Tap y programar en 3 minutos para el método rápido.
- Pesar la cantidad retenida en cada tamiz.
- Pesar brevemente una brocha para asegurarse que no quede polvo en cada tamiz.
- Ingresar los datos obtenidos en la base de datos de Exel.

Calculo:

$$D_{gw} = \log^{-1} \left(\frac{\sum (W_i \times \log d_i)}{\sum W_i} \right)$$

$$S_w = \log^{-1} \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \times (\log d_i - \log D_{gw})^2}{\sum W_i} \right)}$$

$$d_i = \sqrt{(d_u \times d_o)}$$

En donde:

d_i = diámetro de la abertura de los tamices usados (micras)

d_u = diámetro de abertura del tamiz a través del cual pasa el producto

d_o = diámetro de abertura del tamiz anterior (en la serie usada), a través del cual no pasa el producto

D_{gw} = media geométrica del diámetro

S_w = desviación geométrica estándar

W_i = peso retenido sobre cada tamiz



Figura 20. Sistema Ro-Tap.

Fuente: (Payne, et al., 2010).

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El procedimiento para determinar los principales factores del alto porcentaje de finos en el proceso de peletización de alimento concentrado para vacas en producción lechera, se basa en alimento concentrado de baja densidad nutricional y alta densidad nutricional. La Investigación experimental se llevará a cabo en el **laboratorio físico-químico, áreas de producción y nutrición animal de alimento balanceado ubicada en Puenbo**, con cuatro Diseños Completamente al Azar.

Los respectivos análisis físicos y análisis nutricionales ayudaran a la determinación del mejor tratamiento se los realizará con los equipos: malla # 12 porcentaje de migajas, fondo para finos, pdiómetro para determinar del índice de dureza del pellet normal y modificado, sistema Ro-Tap tamaño promedio de partícula de la mezcla por el método rápido y durómetro para la dureza del pellet con los cuales cuenta la planta.

Factores en estudio:

En la presente investigación se considera los siguientes factores de estudio basándose en los objetivos propuestos.

3.4.1. ALIMENTO CONCENTRADO DE ALTA DENSIDAD NUTRICIONAL

Se trabajara conforme a lo especificado en el ítem (2.6.4), tabla 4.

3.4.1.1. Efecto de la granulometría de la mezcla y del nivel de inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Factor de respuesta:

Y= Migajas, finos, índice de durabilidad del pellet normal y modificado.

Factor A: Granulometría de la mezcla.

a1= Superior a 640 (micras)

a2= Inferior a 640 (micras)

Factor B: Nivel de inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

b1= 10 %

b2= 0 %

3.4.1.2. Tratamientos:

De la combinación del factor A (granulometría de la mezcla) y factor B (nivel de inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*), se utilizara 4 tratamientos que se detallan a continuación:

Tabla 8. Tratamientos para alimento concentrado de alta densidad nutricional.

N.-	Código	Tratamientos
(T1)	a1b1	Granulometría de la mezcla Superior a 640 (micras) + Inclusión de Harina Trigo al 10 %
(T2)	a1b2	Granulometría de la mezcla Superior a 640 (micras) + Inclusión de Harina Trigo al 0 %
(T3)	a2b1	Granulometría de la mezcla Inferior a 640 (micras) + Inclusión de Harina Trigo al 10 %
(T4)	a2b2	Granulometría de la mezcla Inferior a 640 (micras) + Inclusión de Harina Trigo al 0 %

3.4.1.3. Unidad experimental:

Cada unidad experimental de la granulometría de la mezcla fue de 50 g, para migajas, finos dependiendo del porcentaje que el pellet ha perdido en su forma

natural de acuerdo a la funda del producto terminado correspondiente a 40 kg, índice de durabilidad del pellet normal y modificado 500 g.

- **Tratamientos:**

Tabla 9. Tratamientos de estudio.

Factor (Granulometría mezcla)	Factor (Inclusión de trigo)		Media de tratamientos
	b1	b2	
a1	a1b1	a1b2	a1
a2	a2b1	a2b2	a2

- **Análisis estadístico:**

Tabla 10. Análisis de varianza para alimento de alta densidad nutricional.

F de V	Gl
Total	55
Repet	13
Trat	3
Factor G	1
Factor T	1
Factor G*T	1
E.Exp	39

- **Análisis funcional:**

Al detectarse diferencia estadística significativa en los tratamientos se realizó: Prueba de tukey 5% y DMS para factores.

3.4.2. ALIMENTO CONCENTRADO DE BAJA DENSIDAD NUTRICIONAL.

Se trabajará conforme a lo especificado en el ítem (2.6.5), tabla 5.

3.4.2.1. Efecto de la granulometría de la mezcla y del nivel de inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Factor de respuesta:

Y= Migajas, finos, índice de durabilidad del pellet normal y modificado.

Factor A: Granulometría de la mezcla.

a1= Superior a 640 (micras)

a2= Inferior a 640 (micras)

Factor B: Nivel de inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

b1= 10 %

b2= 0 %

3.4.2.2. Tratamientos:

De la combinación del factor A (granulometría de la mezcla) y Factor B (nivel de inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*), se utilizara 4 tratamientos que se detallan a continuación.

Tabla 11. Tratamientos para alimento concentrado de baja densidad nutricional.

N.-	Código	Tratamientos
(T1)	a1b1	Granulometría de la mezcla Superior a 640 (micras) + Inclusión de Harina Trigo al 10 %
(T2)	a1b2	Granulometría de la mezcla Superior a 640 (micras) + Inclusión de Harina Trigo al 0 %
(T3)	a2b1	Granulometría de la mezcla Inferior a 640 (micras) + Inclusión de Harina Trigo al 10 %
(T4)	a2b2	Granulometría de la mezcla Inferior a 640 (micras) + Inclusión de Harina Trigo al 0 %

3.4.2.3. Unidad experimental:

Cada unidad experimental de la granulometría de la mezcla fue de 50 g, para migajas, finos dependiendo del porcentaje que el pellet ha perdido en su forma natural de acuerdo a la funda del producto terminado correspondiente a 40 kg, índice de durabilidad del pellet normal y modificado 500 g.

- **Tratamientos:**

Tabla 12. Tratamientos de estudio.

Factor (Inclusión de trigo)			
Factor (Granulometría mezcla)	b1	b2	Media de tratamientos
a1	a1b1	a1b2	a1
a2	a2b1	a2b2	a2

- **Análisis estadístico:**

Tabla 13. Análisis de varianza para alimento de baja densidad nutricional.

F de V	Gl
Total	47
Repet	11
Trat	3
Factor G	1
Factor T	1
Factor G*T	1
E.Exp	33

- **Análisis funcional:**

Al detectarse diferencia estadística significativa en los tratamientos se realizó: Prueba de tukey 5% y DMS para factores.

3.4.3. VARIABLES EVALUADAS.

- **Determinación del porcentaje migajas, finos e índice de durabilidad de pellet normal y modificado:**

Para migajas y finos se realizó con el peso total del saco de 40 Kg, utilizando la malla # 6 pellet, # 12 para migajas y fondo para finos. El cálculo del índice de dureza del pellet normal y modificado, se realizó con muestras equivalentes a 500 g de cada lote durante el proceso, para alimento concentrado de alta densidad nutricional y baja densidad nutricional

- **Calidad nutricional del producto terminado y materias primas:**

Los análisis nutricionales que se determinaron fueron proteína cruda, fibra cruda, grasa cruda, ceniza y humedad.

- **Peso específico producto terminado y Materia prima:**

Se realizó tomando muestras de 25 g, de producto terminado para alimento concentrado de alta densidad nutricional y concentrado de baja densidad nutricional y para las materias primas utilizando un densiómetro.

- **Modelo de correlación:**

La correlación índice del durabilidad del pellet normal vs promedio de la dureza, para alimento concentrado de alta densidad nutricional y concentrado de baja densidad nutricional, se realizó con varias repeticiones de índice de durabilidad del pellet normal durante el proceso, utilizando la hoja electrónica de excel.

- **Determinación del índice de mezclado:**

Se determinó el tiempo que necesitan los ingredientes permanecer en la mezcladora, para obtener una mezcla adecuada y satisfactoria, con muestras de 50 g, para alimento concentrado de alta densidad nutricional y baja densidad nutricional, conforme al método utilizado en la empresa.

$$\% \mathbf{CV} = d \times \frac{100}{\mu}$$

3.5. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.

3.5.1. DIAGRAMA INGENIERIL DEL PROCESO DE PELETIZADO.

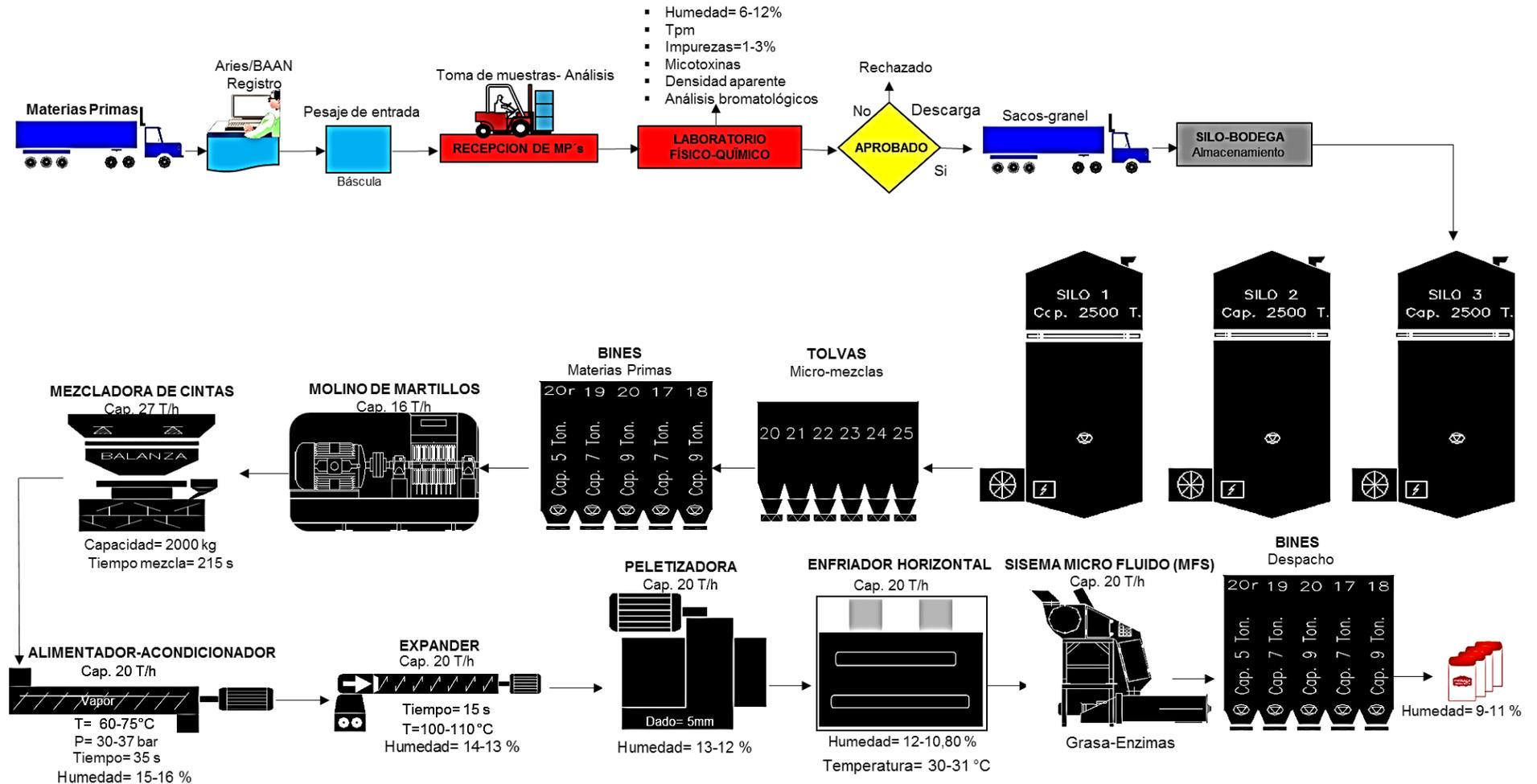


Diagrama 1. Proceso del peletizado.

3.5.2. BALANCE DE MATERIALES DEL PROCESO DE PELETIZADO.

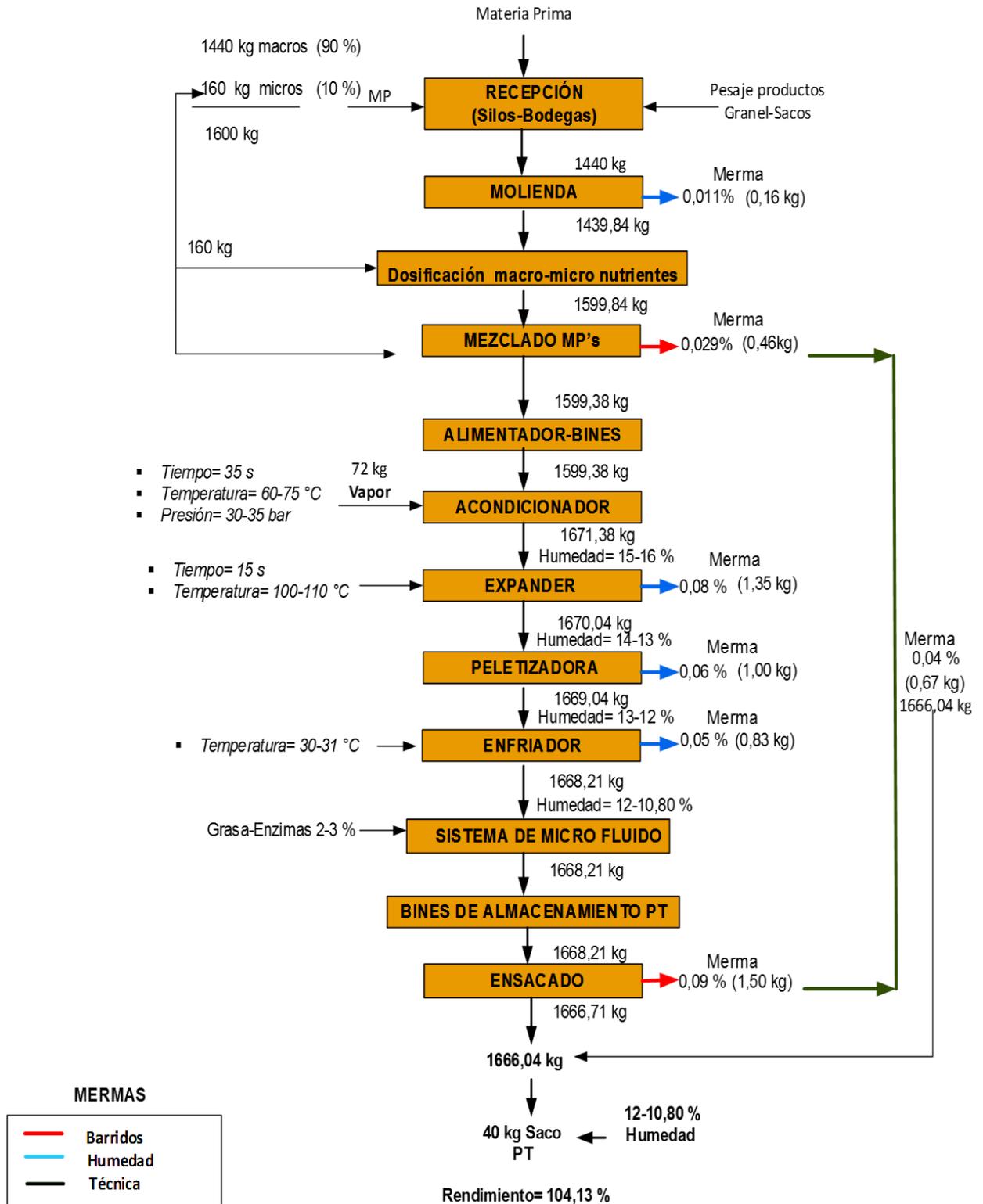


Diagrama 2. Balance de materiales del proceso de peletizado.

3.5.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PELETIZADO PARA OBTENCIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO.

Merma por barrido.- Se provoca al caer polvo en la mezcladora que pertenece a las materias primas, aditivos en polvo y en la ensacadora al desprenderse producto terminado.

Merma por humedad.- Se ocasionan en el molino por fricción de los martillos en las materias primas, en el proceso térmico acondicionador, expander, en la peletizadora y en el sistema de enfriamiento la enfriadora.

Merma técnica.- Se produce por expulsión en todo el sistema de peletizado, pérdidas que se ocasionan en el ambiente y derrames durante el proceso no se pueden justificar.

a) Recepción y almacenamiento de materia prima.

El proceso de elaboración de alimento balanceado empieza por la inspección preliminar de la calidad de la materia prima con análisis químicos, físicos y toxicológicos.

En el caso de harina vegetal se le determina únicamente humedad cuyo rango debe estar entre el 6 % a 12 %. Nunca debe ingresar materia prima infestada de insectos como: gorgojos, pajarilla etc.

Las materias primas en estado de harina que tiene la planta realizan una inspección de cada materia prima, al momento de abrir cada saco para proceder a su almacenamiento en donde será ubicada en pallets de 25 sacos debidamente rotulado indicando el número de lote, proveedor y fecha de ingreso (Oscar, 2014).

En el caso materias primas a granel estos se almacenan en silos para lo cual se debe tener cuidado en el monitoreo de la húmeda y de la infección de insectos, para evitar estos problemas se debe tener un buen control de plagas y periodos de fumigación así como un monitoreo semanal de la humedad por ningún motivo se debe almacenar granos con humedad superior al 14% (Oscar, 2014).

b) Molienda.

Es el primer procesamiento que sufren las materias primas en la elaboración del alimento terminado. Con el molino se pretende conseguir la granulometría adecuada de las partículas en tamaño y forma según la presentación del alimento terminado: peletizado o granulado (Winowisky, 2009).

Esta operación se debe tener las siguientes consideraciones.

1. Especie: el tamaño o peso, la forma de alimentación, sistema digestivo
2. Tipo de materias primas a usar en la dieta
3. Tamaño del pellet: diámetro de la matriz

Por tanto esta operación amerita mucho control ya que de acuerdo a las especificaciones dadas se define el tamaño de pellet del producto final, el control de la granulometría de la partícula está basado en el resultado del tamaño. (Oscar, 2014).

c) Dosificación.

Esta operación consiste en el pesaje de cada uno de los ingredientes que constituyen la formula, generalmente se lo realiza por un sistema de batching que no es otra cosa que un computador que dosifica mediante tornillos sin fin los ingredientes que han sido depositados en las diferentes tolvas conducidas a una báscula común y al final de la cual emite el reporte impreso de los pesos de los ingredientes correspondientes al batch (Oscar, 2014).

d) Mezclado.

Esta operación es de mucha importancia en el control de la homogeneidad de la mezcla, enfocado a un análisis químico denominado *índice de mezclado* cuyo objetivo es determinar la homogeneidad de la mezcla; es importante controlar el orden en el cual los ingredientes ingresan a la mezcladora, es recomendable empezar por los macro ingredientes es decir los de mayor cantidad, luego los micro ingredientes tales como premezclas vitamínicas, aglutinante, minerales, considerar 10 s de mezclado en seco y finalmente añadir líquidos como: agua, lactamold, fosfato, etc. Se debe realizar utilizando boquillas nebulizadoras para eliminar la formación de grumos (Oscar, 2014).

e) Alimentación del acondicionador.

Realizado la mezcla de las materias primas, microingredientes y medicamentos en caso de llevar, se liberan en una tolva para que sean acarreados de manera uniforme al acondicionador.

El alimentador actúa como un sellador de manera que el vapor no escape por la vía de menor resistencia (Behnke & Beyer, 2010).

f) Acondicionamiento, Expandido y Consumo de energía.

Para realizar un buen acondicionamiento de la mezcla se debe asegurar que la molienda de las partículas sea inferiores a 890 micrones en el caso de alimento para ganadería bovina lechera (Behnke & Beyer, 2010).

El proceso de acondicionado controla el ingreso de vapor, temperatura y presión en el acondicionador de la mezcla para ganadería bovina lechera misma que se realiza por 35 s. La temperatura del acondicionado oscila entre los 60 °C a 75 °C, con una presión 30-37 bar en el cono, con vapor seco equivalente a 90 kg, la

temperatura de expandido va desde 100 °C a 110 °C, durante 18 s que da como resultado la gelatinización de los almidones que ayuda a que se produzca una mayor compactación de la mezcla y desnaturalización parcial de las proteínas, el acondicionamiento de la masa con vapor es un factor importante que afecta a la durabilidad de pellet, también juega un papel significativo en el consumo de energía del expandido 15-20 Kw/h/Tm y del peletizado 10-20 Kw/h/Tm.

La temperatura a la que se expone la mezcla actúa como desinfectante ya que eliminan la mayoría de los organismos patógenos.

g) Peletizado.

Acondicionada la masa, el alimento cae en una tolva en la cual hay barras de imanes para evitar el ingreso de piezas de metal que dañen la maquinaria o contaminen el producto terminado.

La peletizadora está compuesta por un motor, un rodillo, un dado y un eje. El rodillo presiona la mezcla hacia los dados que tienen tamaño de orificio de 5 mm de diámetro, una vez que se a formando el pellet las cuchillas van cortando de acuerdo a la longitud del pellet (Behnke K. , 2011).

El peletizado es una operación de moldeo termoplástico en el que las partículas de una ración, finalmente divididas, se integran en un pellet compacto y de fácil manejo, el cual incluye condiciones específicas de humedad, temperatura y presión. Una vez que el alimento ha sido acondicionado con humedad y temperatura, es forzado a pasar, mediante un rodillo, por un dado con orificios de diámetro específico, después del cual sale el alimento en forma de “tallarín” para ser cortado al tamaño adecuado. Finalmente, el pellet debe ser enfriado para evitar que la humedad afecte al producto final. Al realizar el peletizado, se asegura que los ingredientes previamente mezclados se compacten para formar un comprimido con tamaño y dureza viable de acuerdo al animal que se desee alimentar, facilitando así el manejo, mejorando la aceptación y aprovechamiento de éste por parte del animal (Kaliyan & Morey, 2011).

h) Enfriado.

Después de estar formado el pellet, estos pasan por un proceso de enfriamiento evaporativo, este somete al pellet a corrientes de aire calientes que tienen una mayor capacidad de extraer humedad y al mismo tiempo remueven los finos de los pellet para que vuelvan a ser reprocesados. El porcentaje de humedad del pellet después de enfriado debe ser de 12 %, temperatura de 30-31 °C (Oscar, 2014).

i) Ensacado.

Consiste en que una vez los pellets enfriados, deberán ser empacado normalmente en sacos de polipropileno o de papel con pesos que van entre 20 a 40 kilos; de esta manera facilitar el transporte y su manipulación (Oscar, 2014).

j) Almacenamiento.

Ensacado el producto se lo tiene que almacenar, para proteger la calidad del alimento, porque consiguiente si el alimento no se almacena apropiadamente este podrá deteriorarse ya que las vitaminas y aditivos son sensibles al calor y algunas también a la luz como es el caso de la vitamina C, para que esto no suceda se deberán tomar las siguientes consideraciones para su almacenamiento:

- 1.- El alimento deberá ser almacenado en un lugar seco, fresco y bien ventilado.
- 2.- El alimento deberá ser almacenado en pallets, usualmente contruidos de madera de medidas que van alrededor de 1.8 a 1.5 metros en la cual cabrán 5 sacos por filas y 5 por altura dando un total de 25 sacos por pallet.
- 3.- El alimento deberá ser correctamente estibado en el pallets proporcionando espacio para libre circulación del aire.
- 4.- El alimento nunca deberá estar en contacto con los pisos de cemento o con las paredes de concreto; que generalmente están a una temperatura distinta a la del alimento, esta diferencia de temperatura produce migración de humedad y causan

una condensación en un punto específico en el interior del saco, esto llevaría a la formación de hongos, microorganismos fatales para la buena conservación del alimento; el máximo tiempo de almacenamiento no deberá sobrepasar los 3 meses y el producto no debe ser expuesto a la luz para evitar la degradación de las vitaminas (Oscar, 2014).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La valoración de cada uno de los factores, el estudio de las variables determina la veracidad del trabajo investigativo y se obtuvieron los siguientes resultados y discusiones para cada variable propuesta.

4.1. RESULTADOS ESTADÍSTICOS.

Para realizar el diseño estadístico, se consideró los siguientes factores: granulometría de la mezcla y nivel de inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Además se estudió las siguientes variables cuantitativas, evaluadas durante el ensayo, porcentaje de migajas, finos, índice de durabilidad del pellet normal y modificado del producto terminado, valor nutricional (análisis bromatológicos), densidad aparente (g/l) de las materias primas y producto terminado, modelo de correlación del índice de durabilidad del pellet normal vs promedio de la dureza y la prueba de homogenización de la mezcla.

4.2. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE PELLET PARA ALIMENTO CONCENTRADO DE ALTA DENSIDAD NUTRICIONAL.

4.2.1. ANÁLISIS DE LA VARIABLE MIGAJAS:

Para alimento concentrado de alta densidad nutricional, a continuación se detalla el porcentaje de migajas para 4 tratamientos en 12 repeticiones.

Tabla 14. Porcentaje de migajas por lote en la producción de alimento peletizado.

Repeticiones	Tratamientos				Σ
	T1	T2	T3	T4	
I	2,12	2,50	1,80	1,75	8,17
II	1,37	2,00	2,50	1,90	7,77
III	1,87	2,36	2,25	1,70	8,18
IV	1,50	2,50	1,25	1,60	6,85
V	1,38	2,00	1,75	2,00	7,13
VI	1,30	2,00	1,87	1,50	6,67
VII	1,70	2,00	1,87	1,50	7,07
VIII	1,70	2,00	1,62	1,50	6,82
IX	1,62	2,10	1,00	1,37	6,09
X	1,75	1,75	1,00	1,70	6,20
XI	2,50	1,50	1,25	1,25	6,50
XII	2,00	1,75	1,50	1,50	6,75
Σ	20,81	24,46	19,66	19,27	84,20
Media	1,73	2,04	1,64	1,61	1,75

Tabla 15. ANOVA del variable porcentaje de migajas.

F de V	GI	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Significación
Total	47	6,64					
Repet	11	1,33	0,12	1,02	2,16	2,98	N.S
Trat	3	1,40	0,47	3,93	2,92	4,51	*
Factor A	1	0,84	0,84	7,06	4,17	7,56	*
Factor B	1	0,22	0,22	1,87	4,17	7,56	N.S
Factor AxB	1	0,34	0,34	2,87	4,17	7,56	N.S
E.Exp	33	3,92	0,12				

NS: No significativo

*: Significativo ($p < 0.05$)

** : Altamente significativo ($p < 0.01$)

CV: Coeficiente de variación

CV = 19,63 %

En el cuadro del análisis de la varianza se determinó que existe significación estadística en el granulometría de la mezcla (factor A) y tratamientos al 5 %, ninguna significación estadística en la inclusión de harina de trigo suave -*Triticum*

aestivum (factor B) e interacción A x B con coeficiente de variación del 19,63 %, esta variable al no ser en condiciones controladas está en el rango máximo de aceptación y si este fuese superior se procedería a una repetición del ensayo, la granulometría de la mezcla menor a 640 (micras) tiene un efecto significativo en el porcentaje de migajas.

Tabla 16. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.

N.-	Tratamientos	Medias	Rangos
(T4)	a2b2	1,61	a
(T3)	a2b1	1,64	a
(T1)	a1b1	1,73	b
(T2)	a1b2	2,04	c

Realizada la prueba de Tuckey para tratamientos se obtuvo 3 rangos (a, b, c), esto indica que la granulometría de la mezcla inferior a 640 (micras), sin inclusión harina de trigo suave (tratamiento 4), presenta el menor porcentaje de migajas con una media de 1,61 %, seguido por granulometría de la mezcla inferior a 640 (micras) e inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 3), que resulta con una media de 1,64 %.

Tabla 17. Prueba DMS al 5 % para el Factor A (Granulometría de la mezcla).

Factor	Medias	Rangos
a2	1,62	a

Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa al 5 % para el factor granulometría de la mezcla e inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* se observó que existe diferencia estadística significativa, por lo tanto la reducción del porcentaje de migajas dependerá de la granulometría de la mezcla menor a 640 (micras).

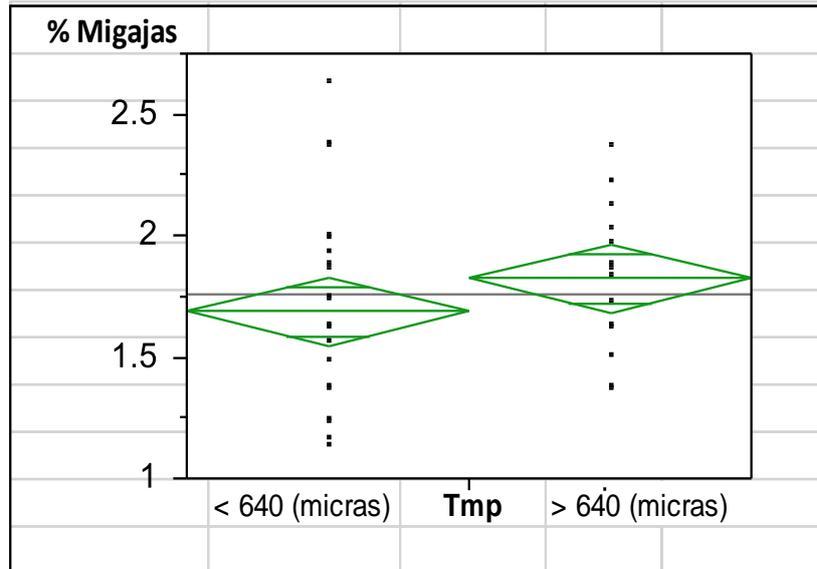


Figura 21. Respuesta del porcentaje de migajas a la granulometría de la mezcla menor a 640 (micras).

Tmp = Tamaño medio de partícula

En la figura 21 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje de migajas disminuir en un 0,2 % durante los seis meses de producción por efecto de la granulometría menor a 640 (micras).

Disminuir el tamaño de las partículas de las diferentes materias primas da como resultado mayor área de superficie de volumen. Las partículas más pequeñas tendrán mayor número de puntos de contacto dentro de la matriz de los pellets en comparación con las partículas más grandes ayudando en la compactación, óptimo para los mejores resultados de peletización, esto está de acuerdo a la investigación realizada por (Anonym, Traceability in the Food Chain, 2009).

4.2.2. ANÁLISIS DEL VARIABLE FINOS:

Para alimento concentrado de alta densidad nutricional, a continuación se presenta los valores del porcentaje de finos para 4 tratamientos en 12 repeticiones.

Tabla 18. Porcentaje de finos por lote de producción de alimento peletizado.

Repeticiones	Tratamientos				Σ
	T1	T2	T3	T4	
I	6,00	5,00	4,50	4,50	20,00
II	4,37	5,00	5,00	4,50	18,87
III	5,75	5,00	5,25	5,00	21,00
IV	4,50	5,50	3,37	4,50	17,87
V	3,50	5,00	4,00	6,00	18,50
VI	3,60	5,00	4,50	5,37	18,47
VII	4,00	6,00	4,50	5,50	20,00
VIII	5,00	6,00	4,50	5,00	20,50
IX	4,50	5,80	4,00	3,50	17,80
X	4,50	5,00	4,00	4,50	18,00
XI	5,00	5,00	2,50	4,50	17,00
XII	4,50	4,50	3,50	4,50	17,00
Σ	55,22	62,80	49,62	57,37	225,01
Media	4,60	5,23	4,14	4,78	4,69

Tabla 19. ANOVA del variable porcentaje de finos.

F de V	GI	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Significación
Total	47	26,98					
Repet	11	4,94	0,45	1,01	2,16	2,98	N.S
Trat	3	7,43	2,48	5,59	2,92	4,51	**
Factor A	1	2,53	2,53	5,72	4,17	7,56	*
Factor B	1	4,90	4,90	11,06	4,17	7,56	**
Factor AxB	1	0,001	0,001	0,001	4,17	7,56	N.S
E.Exp	33	14,61	0,44				

NS: No significativo

*: Significativo ($p < 0.05$)

** : Altamente significativo ($p < 0.01$)

CV: Coeficiente de variación

CV = 14,20 %

En el cuadro del análisis de la varianza se determinó que existe alta significación estadística, para la inclusión de harina de trigo suave-*Triticum aestivum* (factor B)

y tratamientos al 1 %, significación estadística al 5 % en la granulometría de la mezcla (factor A), sin significación para la interacción A x B con un coeficiente de variación del 14,20 %, valor aceptable dentro de este tipo de ensayo al no estar en condiciones controladas, la inclusión de harina de trigo suave- *Triticum aestivum* al 10% y la granulometría de la mezcla tiene un efecto significativo sobre el porcentaje de finos.

Tabla 20. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.

N.-	Tratamientos	Medias	Rangos
(T3)	a2b1	4,14	a
(T1)	a1b1	4,60	a
(T4)	a2b2	4,78	b
(T2)	a1b2	5,23	c

Realizada la prueba de Tuckey para tratamientos se obtuvo 3 rangos (a, b, c) esto indica que con granulometría de la mezcla inferior a 640 (micras) e inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 3), presenta el menor porcentaje de finos con una media de 4,14 % seguido por la granulometría de la mezcla superior a 640 (micras) e inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 1), que resulta con una media de 4,60%.

Tabla 21. Prueba DMS al 5 % para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*).

Factor	Medias	Rangos
b1	4,37	a

Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa al 5 % para el factor granulometría de la mezcla e inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* se observó que existe diferencia estadística significativa, por lo tanto para disminuir el porcentaje de finos dependerá de la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* al 10% y granulometría de la mezcla menor a 640 (micras).

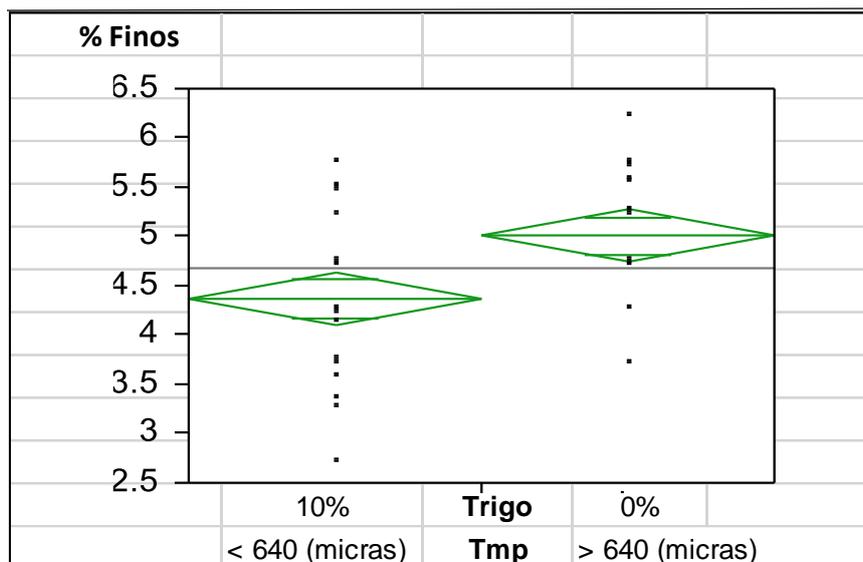


Figura 22. Respuesta del porcentaje de finos a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* y la granulometría de la mezcla menor a 640 (micras).

Tmp = Tamaño medio de partícula

En la figura 22 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje de finos al disminuir en un 0,7 % durante los seis meses de producción por efecto de la granulometría menor a 640 (micras) y la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Encontraron en sus investigaciones que el tamaño de partícula es un factor determinante en la calidad de pellet siendo altamente significativo ($p < 0,01$), al reducir los tamaños de partícula en la mezcla de 610 y 580 (micras), disminuye el 10 % de finos en el alimento, esto está de acuerdo a la investigación realizada por (Cavalcanti & Behnken, 2011).

El almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante) en la industria alimentaria, esto está de acuerdo a la investigación realizada por (Martínez, Bustos, & López, 2010).

4.2.3. ANÁLISIS DE LA VARIABLE ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL PELLET MODIFICADO:

Para alimento concentrado de alta densidad nutricional, a continuación se presenta los valores del índice de durabilidad del pellet modificado para 4 tratamientos en 12 repeticiones.

Tabla 22. Porcentaje del índice de durabilidad del pellet modificado por lote de alimento peletizado.

Repeticiones	Tratamientos				Σ
	T1	T2	T3	T4	
I	96	94	96	94	380
II	95	94	96	94	379
III	95	96	96	94	381
IV	94	95	96	94	379
V	96	94	96	94	380
VI	96	94	97	94	381
VII	96	94	97	94	381
VIII	96	95	96	94	381
IX	96	95	96	95	382
X	95	95	95	96	381
XI	96	94	96	95	381
XII	95	95	96	95	381
Σ	1146	1135	1153	1133	4567
Media	95,50	94,58	96,08	94,42	95,15

Tabla 23. ANOVA de la variable índice de durabilidad del pellet (modificado).

F de V	Gl	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Significación
Total	47	39,98					
Repet	11	2,23	0,20	0,43	2,16	2,98	N.S
Trat	3	22,23	7,41	15,75	2,92	4,51	**
Factor A	1	0,52	0,52	1,11	4,17	7,56	N.S
Factor B	1	20,02	20,02	42,57	4,17	7,56	**
Factor AxB	1	1,69	1,69	3,59	4,17	7,56	N.S
E.Exp	33	15,52	0,47				

NS: No significativo

*: Significativo ($p < 0.05$)

** : Altamente significativo ($p < 0.01$)

CV: Coeficiente de variación

CV = 0,72 %

En el cuadro del análisis de la varianza se determinó que existe alta significación estadística para la inclusión de harina de trigo suave -*Triticum aestivum* (factor B) y para los tratamientos al 1%, ninguna significación estadística en la granulometría de la mezcla (factor A) e interacción A x B con un coeficiente de variación del 0,72 %, lo que indica la buena conducción del experimento ya tiene un valor bastante aceptable y además se puede decir que la inclusión de harina de trigo suave - *Triticum aestivum* tiene un efecto altamente significativo sobre el índice de durabilidad del pellet modificado.

Tabla 24. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.

N.-	Tratamientos	Medias	Rangos
(T3)	a2b1	96,08	a
(T1)	a1b1	95,50	a
(T4)	a2b2	94,42	b
(T2)	a1b2	94,58	c

Realizada la prueba de Tuckey para tratamientos se obtuvo 3 rangos (a,b,c), esto indica que la granulometría de la mezcla inferior a 640 (micras) e inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 3), presenta el mayor porcentaje del índice del durabilidad del pellet modificado con una media de 96,08 %, seguido por la granulometría de la mezcla superior a 640 (micras) e inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 1), que resulta con una media de 95,50 %.

Tabla 25. Prueba DMS al 5 % para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*).

Factor	Medias	Rangos
b1	95,79	a

Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa al 5 % para el factor granulometría de la mezcla e inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*

se observó que existe diferencia estadística significativa, lo que se puede decir que el aumento del índice de durabilidad del pellet modificado dependerá de la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* al 10%.

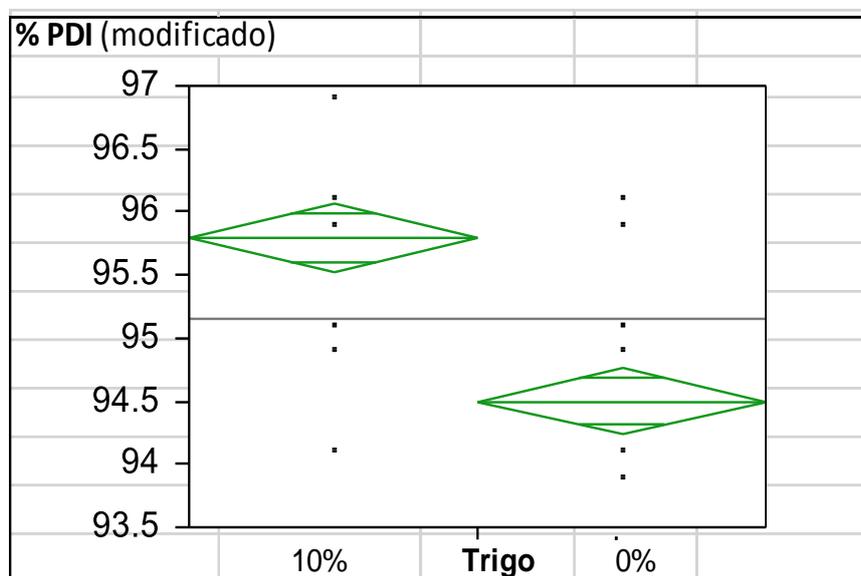


Figura 23. Respuesta del índice de durabilidad del pellet modificado a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

PDI = Índice de durabilidad del pellet

En la figura 23 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje del índice de durabilidad del pellet modificado al aumentar en un 1,2 % durante los seis meses de producción por efecto de la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Los almidones que se encuentran en los cereales en forma de gránulos, al tener contacto con humedad y temperatura sufren un primer cambio que es el hinchazón de su molécula y luego hay una difusión de amilosa hasta finalmente convertirse en un gel debido a la formación de amilopectina, las propiedades más relevantes son: poderoso aglutinante natural y hacer más digerible sustrato proteico del alimento balanceado, esto está de acuerdo a la investigación realizada por (Oscar, 2014).

4.2.4. ANÁLISIS DE LA VARIABLE ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL PELLET NORMAL:

Para alimento concentrado de alta densidad nutricional, a continuación se presenta los valores del índice de durabilidad del pellet normal para 4 tratamientos en 12 repeticiones.

Tabla 26. Porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal por lote de producción de alimento.

Repeticiones	Tratamientos				Σ
	T1	T2	T3	T4	
I	98	96	98	96	388
II	98	96	97	96	387
III	96	97	97	96	386
IV	96	96	98	96	386
V	98	96	97	96	387
VI	98	96	98	95	387
VII	97	96	98	96	387
VIII	98	96	97	96	387
IX	97	96	97	96	386
X	97	96	97	97	387
XI	97	95	97	96	385
XII	96	97	97	96	386
Σ	1166	1153	1168	1152	4639
Media	97,17	96,08	97,33	96,00	96,65

Tabla 27. ANOVA del variable porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal.

F de V	GI	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Significación
Total	47	32,98					
Repet	11	1,73	0,16	0,38	2,16	2,98	N.S
Trat	3	17,73	5,91	14,42	2,92	4,51	**
Factor A	1	0,02	0,02	0,05	4,17	7,56	N.S
Factor B	1	17,52	17,52	42,76	4,17	7,56	**
Factor AxB	1	0,19	0,19	0,46	4,17	7,56	N.S
E.Exp	33	13,52	0,41				

NS: No significativo

*: Significativo ($p < 0.05$)

** : Altamente significativo ($p < 0.01$)

CV: Coeficiente de variación

CV = 0,66 %

En el cuadro del análisis de la varianza se determinó que existe alta significación estadística para la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* - (factor B) y para los tratamientos al 1%, ninguna significación estadística en la granulometría de la mezcla (factor A) y para la interacción A x B con un coeficiente de variación del 0,66 %, lo que indica la adecuada conducción de la investigación experimental esta dentro de los límites normales con un valor preciso, por lo que se puede verificar que la inclusión de harina de trigo suave -*Triticum aestivum* tiene un efecto altamente significativo sobre el índice de durabilidad del pellet normal.

Tabla 28. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.

N.-	Tratamientos	Medias	Rangos
(T3)	a2b1	97,33	a
(T1)	a1b1	97,17	a
(T4)	a2b2	96	b
(T2)	a1b2	96,08	c

Realizada la prueba de para tratamientos se obtuvo 3 rangos (a,b,c), esto indica que con granulometría de la mezcla Inferior a 640 (micras) e inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 3), presenta el mayor porcentaje del índice del durabilidad del pellet (normal), con una media de 97,33 %, seguido por la granulometría de la mezcla superior a 640 (micras) e inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 1), que resulta con una media de 97,17 %.

Tabla 29. Prueba DMS al 5 % para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*).

Factor	Medias	Rangos
b1	97,25	a

Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa al 5 % para el factor granulometría de la mezcla e inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* se observó que existe diferencia estadística significativa, por lo tanto se puede decir que el incremento del índice de durabilidad del pellet normal dependerá de la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* al 10%.

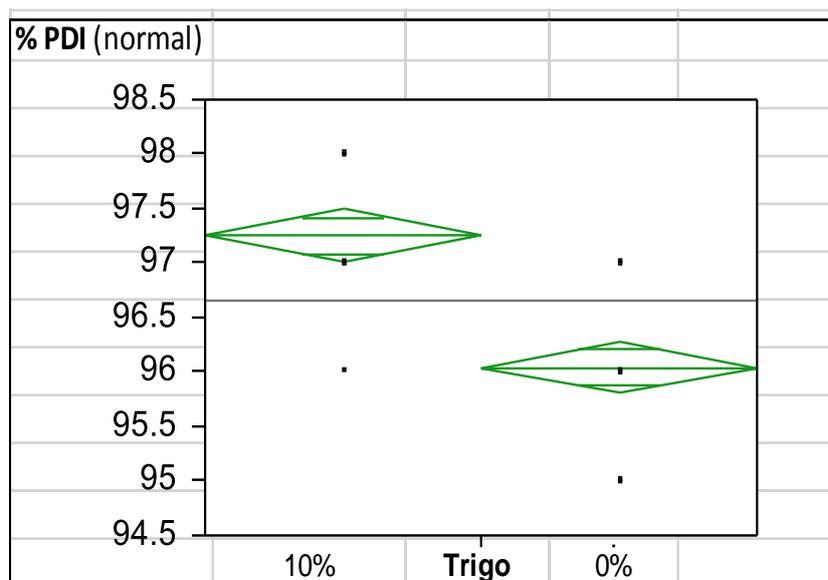


Figura 24. Respuesta del índice de durabilidad del pellet normal a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

PDI= Índice de durabilidad del pellet

En la figura 24 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal al aumentar en 1,4 % durante los seis meses de producción por efecto de la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Cada materia prima tiene diferente capacidad de absorción de líquidos factor importante en la calidad de pellet, ayudando para que la penetración de vapor en el acondicionador sea uniforme en la mezcla, en funciones principales en las formas de dosificación, actúa como agentes aglutinantes y disgregantes, la harina de trigo posee el índice de absorción de líquidos mas elevado a diferencia de otras materias

primas del 92,6 %, estos resultados estan de acuerdo a los encontrados por (Rial, Méndez, & Larraga, 2009)

4.2.5. COMPARACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE PELLET PARA ALIMENTO CONCENTRADO DE ALTA DENSIDAD NUTRICIONAL.

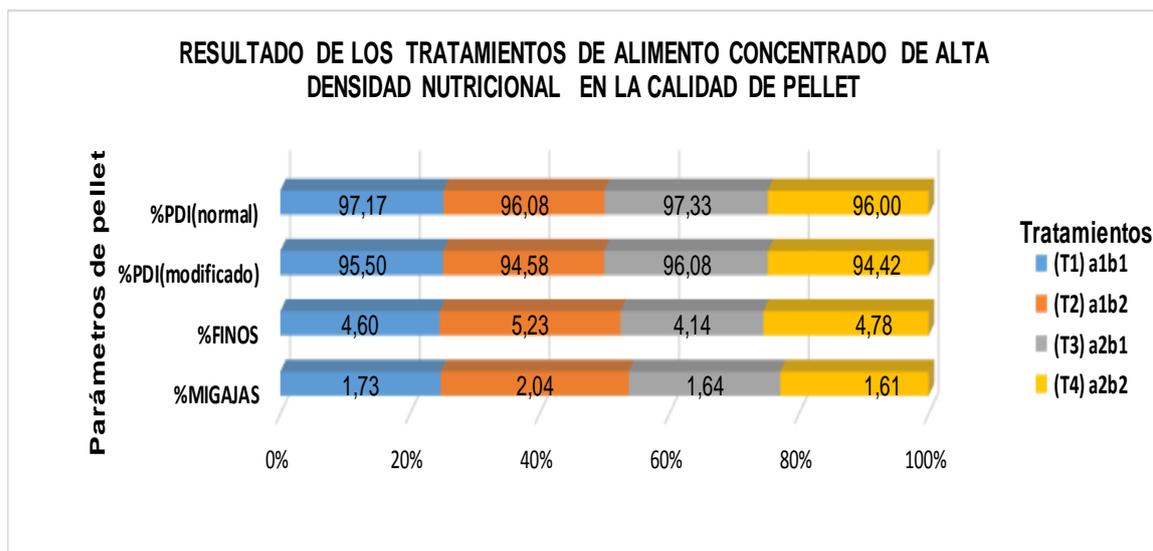


Figura 25. Comparación de parámetros de calidad de pellet para alimento concentrado de alta densidad nutricional.

Según los análisis cuantitativos, se puede observar que el tratamiento **T3** (Inclusión de harina de trigo suave al 10 % y granulometría de la mezcla inferior a 640 (micras) fue el mejor tratamiento entre los evaluados.

4.3. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE PELLET PARA ALIMENTO CONCENTRADO DE BAJA DENSIDAD NUTRICIONAL.

4.3.1. ANÁLISIS DEL VARIABLE MIGAJAS.

Para alimento concentrado de baja densidad nutricional, a continuación se presenta los valores del porcentaje de migajas para 4 tratamientos en 14 repeticiones.

Tabla 30. Porcentaje de migajas por lote en la producción de alimento peletizado.

Repeticiones	Tratamientos				Σ
	T1	T2	T3	T4	
I	2,37	2,30	1,50	1,50	7,67
II	1,50	1,25	1,50	1,80	6,05
III	1,75	2,00	2,75	2,10	8,60
IV	1,80	2,50	2,00	2,00	8,30
V	1,50	2,00	2,00	1,80	7,30
VI	1,80	2,00	2,50	2,00	8,30
VII	1,50	1,75	1,00	2,10	6,35
VIII	1,62	2,50	2,00	2,00	8,12
IX	1,75	2,10	2,10	1,25	7,20
X	1,35	1,75	2,00	2,75	7,85
XI	1,75	1,50	1,80	2,00	7,05
XII	1,87	1,25	2,00	3,00	8,12
XIII	1,87	2,00	1,95	1,50	7,32
XIV	1,75	1,75	1,50	2,00	7,00
Σ	24,18	26,65	26,60	27,80	105,23
Media	1,73	1,90	1,90	1,99	1,88

Tabla 31. ANOVA del variable porcentaje de migajas.

F de V	GI	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Significación
Total	55	8,50					
Repet	13	1,86	0,14	0,91	2,09	2,84	N.S
Trat	3	0,50	0,17	1,05	2,87	4,49	N.S
Factor A	1	0,24	0,24	1,53	4,13	7,45	N.S
Factor B	1	0,23	0,23	1,44	4,13	7,45	N.S
Factor AxB	1	0,03	0,03	0,18	4,13	7,45	N.S
E.Exp	39	6,14	0,16				

NS: No significativo

*: Significativo ($p < 0.05$)

** : Altamente significativo ($p < 0.01$)

CV: Coeficiente de variación

CV = 21,12 %

En el cuadro del análisis de la varianza se determinó que no existe significación estadística para los factores, granulometría de la mezcla (factor A) e inclusión de harina de trigo suave-*Triticum aestivum* (factor B) y la interacción AxB, los tratamientos son iguales, con coeficiente de variación del 21,12 %, lo que nos demuestra que existe alta variación interna de los tratamientos y nos afirma que los factores no realizan modificaciones en el porcentaje de migajas para los tratamientos.

Comparados los factores durante seis meses de la investigación experimental, se llegó a determinar que el porcentaje de migajas que no evidencio mejora alguna en la calidad de pellet, esto quiere decir que los tratamientos tienen el mismo efecto sobre la variable en estudio.

4.3.2. ANÁLISIS DEL VARIABLE FINOS:

Para alimento concentrado de baja densidad nutricional, a continuación se presenta los valores del porcentaje de finos para los 4 tratamientos en 14 repeticiones.

Tabla 32. Porcentaje de finos por lote de producción de alimento peletizado.

Repeticiones	Tratamientos				Σ
	T1	T2	T3	T4	
I	5,37	5,00	4,00	4,50	18,87
II	4,50	4,50	4,25	4,50	17,75
III	5,00	4,25	5,50	4,50	19,25
IV	4,50	5,00	4,75	5,75	20,00
V	4,70	6,00	5,00	5,30	21,00
VI	5,00	5,75	5,00	5,50	21,25
VII	4,50	5,00	4,50	6,20	20,20
VIII	4,00	7,00	5,50	6,30	22,80
IX	4,12	6,50	5,00	3,50	19,12
X	5,00	6,00	5,50	6,25	22,75
XI	5,00	5,50	5,25	5,50	21,25
XII	5,00	4,50	4,70	7,00	21,20
XIII	5,00	5,50	4,30	5,50	20,30
XIV	5,00	6,00	5,00	6,00	22,00
Σ	66,69	76,50	68,25	76,30	287,74
Media	4,76	5,46	4,88	5,45	5,14

Tabla 33. ANOVA del variable porcentaje de finos.

F de V	GI	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Significación
Total	55	30,42					
Repet	13	7,12	0,55	1,22	2,09	2,84	N.S
Trat	3	5,78	1,93	4,29	2,87	4,26	**
Factor A	1	0,03	0,03	0,07	4,13	7,45	N.S
Factor B	1	5,70	5,70	12,69	4,13	7,45	**
Factor AxB	1	0,06	0,06	0,12	4,13	7,45	N.S
E.Exp	39	17,51	0,45				

NS: No significativo

*: Significativo ($p < 0.05$)

** : Altamente significativo ($p < 0.01$)

CV: Coeficiente de variación

CV = 13,04 %

En el cuadro del análisis de la varianza se determinó que existe alta significación estadística, en la inclusión de harina de trigo suave-*Triticum aestivum* (factor B) y significación para los tratamientos al 1 %, ninguna significación estadística en la granulometría de la mezcla (factor A) y para la interacción A x B con un coeficiente de variación del 13,04 %, que es un valor aceptable dentro de este tipo de ensayos, ayudando a afirmar que la inclusión de harina de trigo suave-*Triticum aestivum* tiene un efecto altamente significativo sobre el contenido de finos.

Tabla 34. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.

N.-	Tratamientos	Medias	Rangos
(T1)	a1b1	4,76	a
(T3)	a2b1	4,88	a
(T4)	a2b2	5,45	b
(T2)	a1b2	5,46	c

Realizada la prueba de Tuckey para tratamientos se obtuvo 3 rangos (a, b, c), esto señala que la granulometría de la mezcla superior a 640 (micras) e inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 1), presenta el menor porcentaje de finos con una media de 4,76 %, seguido por la granulometría de la mezcla inferior a 640 (micras)

e inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 3), que resulta con una media de 4,88 %.

Tabla 35. Prueba DMS al 5 % para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*).

Factor	Medias	Rangos
b1	4,82	a

Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa al 5 % para el factor granulometría de la mezcla e inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* se observó que existe una diferencia estadística significativa, lo que ayuda a determinar que para reducir el porcentaje de finos dependerá de la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* al 10%.

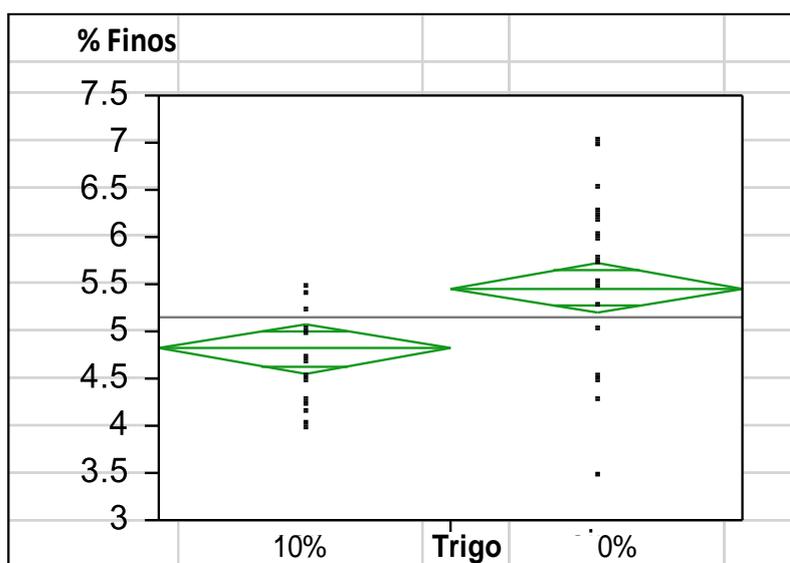


Figura 26. Respuesta del porcentaje de finos a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

En la figura 26 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje de finos al disminuir en un 0,8 % durante los seis meses de producción por efecto de la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Los almidones tienen la capacidad de atar partículas de diferente tamaño o de formar puentes a través de su estructura, una vez esta sea expuesta a altas temperaturas y humedad en el acondicionador, los gránulos captan agua y comienzan a hinchar perdiendo su identidad estructural y forman una pasta viscosa dando como resultado la gelatinización. A mayor grado de gelatinización la durabilidad del pellet es mayor, estos resultados están de acuerdo a los encontrados por (Heffner & Pfof, 2011).

4.3.3. ANÁLISIS DE LA VARIABLE ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL PELLETT MODIFICADO:

Para alimento concentrado de baja densidad nutricional, a continuación se presenta los valores del índice de durabilidad del pellet modificado para 4 tratamientos en 14 repeticiones.

Tabla 36. Porcentaje del índice de durabilidad del pellet modificado por lote de producción de alimento peletizado.

Repeticiones	Tratamientos				Σ
	T1	T2	T3	T4	
I	95	94	95	94	378
II	95	94	96	94	379
III	96	94	94	94	378
IV	94	95	96	93	378
V	95	93	95	94	377
VI	94	93	94	95	376
VII	94	93	96	94	377
VIII	94	93	95	93	375
IX	94	93	94	94	375
X	94	94	95	94	377
XI	94	95	95	94	378
XII	96	94	95	94	379
XIII	96	94	95	95	380
XIV	95	94	95	94	378
Σ	1326	1313	1330	1316	5285
Media	94,71	93,79	95,00	94,00	94,38

Tabla 37. ANOVA del variable porcentaje del índice de durabilidad del pellet modificado.

F de V	GI	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Significación
Total	55	39,13					
Repet	13	6,88	0,53	1,12	2,09	2,84	N.S
Trat	3	13,91	4,64	9,86	2,87	4,49	**
Factor A	1	0,88	0,88	1,86	4,13	7,45	N.S
Factor B	1	13,02	13,02	27,68	4,13	7,45	**
Factor AxB	1	0,02	0,02	0,04	4,13	7,45	N.S
E.Exp	39	18,34	0,47				

NS: No significativo

*: Significativo ($p < 0.05$)

** : Altamente significativo ($p < 0.01$)

CV: Coeficiente de variación

CV = 0,73 %

En el cuadro del análisis de la varianza se determinó que existe alta significación estadística en la inclusión de harina de trigo suave-*Triticum aestivum* (factor B) y para los tratamientos al 1 %, ninguna significación estadística en la granulometría de la mezcla (factor A) y para la interacción A x B con un coeficiente de variación del 0,72 %, esto indica la adecuada realización de la investigación experimental esta dentro de los límites normales un valor bastante aceptable, lo que ayuda a establecer que la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* tiene un efecto altamente significativo sobre el índice de durabilidad del pellet modificado.

Tabla 38. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.

N.-	Tratamientos	Medias	Rangos
(T3)	a2b1	95,00	a
(T1)	a1b1	94,71	a
(T4)	a2b2	94,00	b
(T2)	a1b2	93,78	c

Realizada la prueba de Tuckey para tratamientos se obtuvo 3 rangos (a,b,c), esto indica que la granulometría de la mezcla Inferior a 640 (micras) e inclusión de

harina trigo al 10 % (tratamiento 3), presenta el mayor porcentaje del índice de durabilidad del pellet (modificado) con una media de 95 %, seguido por la granulometría de la mezcla superior a 640 (micras) e Inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 1), que resulta con una media de 94,71 %.

Tabla 39. Prueba DMS al 5% para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*).

Factor	Medias	Rangos
b1	94,85	a

Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa al 5 % para el factor granulometría de la mezcla e inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* se observó que existe una diferencia estadística significativa, por lo tanto el incremento del índice de durabilidad del pellet modificado dependerá de la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* al 10 %.

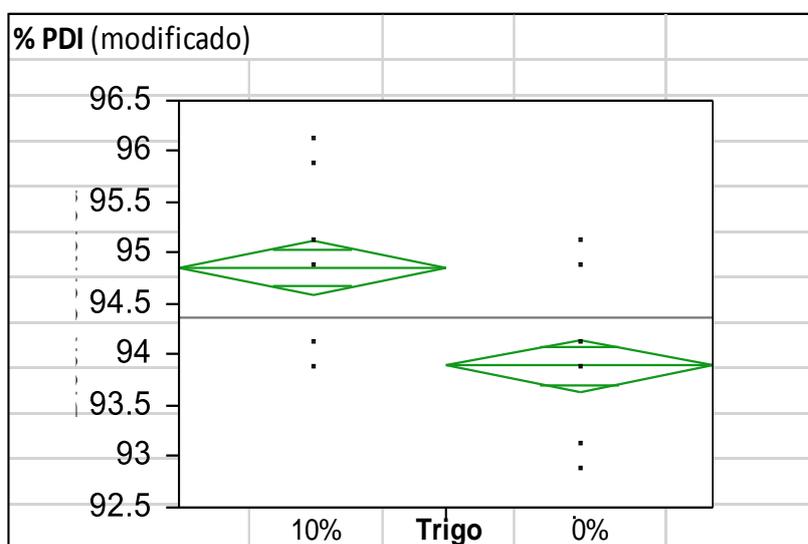


Figura 27. Respuesta el índice de durabilidad del pellet modificado a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

PDI = Índice de durabilidad del pellet

En la figura 27 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje del índice de durabilidad del pellet modificado al aumentar en un 0,8

% durante los seis meses de producción por efecto de la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

La gelatinización del almidón es un proceso de modificaciones que se producen cuando los gránulos de almidón son tratados por calor en agua.

A temperatura ambiente no tienen modificaciones aparentes en los gránulos nativos de almidón pero cuando se le aplica calor (60 - 70 °C), la energía térmica permite que pase algo de agua a través de la red molecular, que lo hace un aglutinante de los más comunes empleados en la actualidad, estos resultados están de acuerdo a los encontrados por (Ruíz , 2007).

4.3.4. ANÁLISIS DE LA VARIABLE ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL PELLET NORMAL:

Para alimento concentrado de baja densidad nutricional, a continuación se presenta los valores del índice de durabilidad del pellet normal para 4 tratamientos en 14 repeticiones.

Tabla 40. Porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal por lote de producción de alimento peletizado.

Repeticiones	Tratamientos				Σ
	T1	T2	T3	T4	
I	97	96	97	96	386
II	96	96	97	96	385
III	97	96	96	96	385
IV	96	96	97	94	383
V	97	94	96	96	383
VI	96	95	96	96	383
VII	96	95	97	96	384
VIII	96	95	96	95	382
IX	97	95	96	96	384
X	96	95	96	95	382
XI	96	96	96	95	383
XII	97	96	97	95	385
XIII	97	96	96	96	385
XIV	96	96	96	95	383
Σ	1350	1337	1349	1337	5373
Media	96,43	95,50	96,36	95,50	95,95

Tabla 41. ANOVA del variable porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal.

F de V	GI	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Significación
Total	55	28,84					
Repet	13	5,09	0,39	1,22	2,09	2,84	N.S
Trat	3	11,20	3,73	11,59	2,87	4,49	**
Factor A	1	0,02	0,02	0,06	4,13	7,45	N.S
Factor B	1	11,16	11,16	34,67	4,13	7,45	**
Factor AxB	1	0,02	0,02	0,06	4,13	7,45	N.S
E.Exp	39	12,55	0,32				

NS: No significativo

*: Significativo ($p < 0.05$)

** : Altamente significativo $p < 0.01$

CV: Coeficiente de variación

CV = 0,59 %

En el cuadro del análisis de la varianza se determinó que existe alta significación estadística a la inclusión de harina de trigo suave- *Triticum aestivum* (factor B) y para los tratamientos al 1 %, ninguna significación estadística en la granulometría de la mezcla (factor A) y para la interacción A x B con un coeficiente de variación del 0,59 %, esto indica la apropiada realización de la investigación experimental por estar dentro de los límites adecuados con valor preciso, por lo que la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* tiene un efecto altamente significativo sobre el índice de durabilidad del pellet normal.

Tabla 42. Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.

N.-	Tratamientos	Medias	Rangos
(T1)	a1b1	96,42	a
(T3)	a2b1	96,35	a
(T4)	a2b2	95,50	b
(T2)	a1b2	95,50	c

Realizada la prueba para tratamientos se obtuvo 3 rangos (a,b,c) y señala que con granulometría de la mezcla superior a 640 (micras) e inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 1), presenta el mayor porcentaje del índice del durabilidad del pellet (normal) con una media de 96,42 %, seguido por la granulometría de la mezcla inferior a 640 (micras) e inclusión de harina trigo al 10 % (tratamiento 3), que resulta con una media de 96,35 %.

Tabla 43. Prueba DMS al 5% para el Factor B (inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*).

Factor	Medias	Rangos
b1	96,39	a

Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa al 5 % para el factor granulometría de la mezcla e inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* se observó que existe una diferencia estadística significativa, es decir que el aumento del índice de durabilidad del pellet normal dependerá de la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* al 10%.

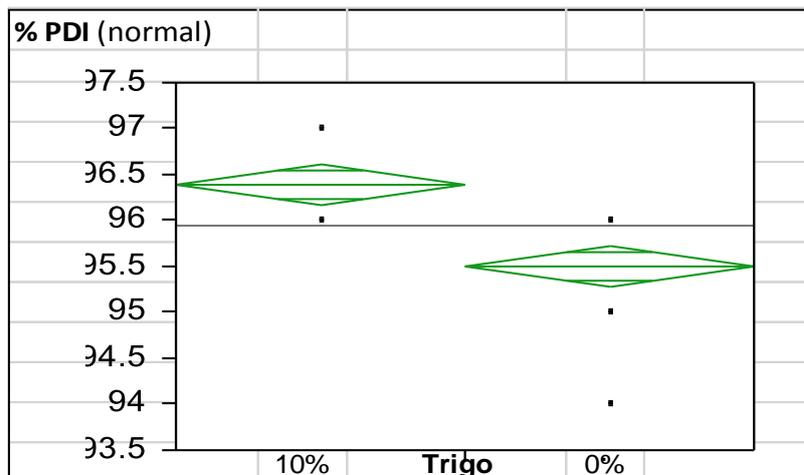


Figura 28. Respuesta el índice de durabilidad del pellet normal a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

PDI= Índice de durabilidad del pellet

En la figura 28 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal al aumentar en un 0,9 % durante los seis meses de producción por efecto de la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Estos resultados están de acuerdo a los encontrados por, (Cavalcanti & Behnken, 2011) realizaron una investigación en donde se evaluó los efectos de la grasa, fibra, proteína y almidón. Los autores encontraron mejora en el índice de durabilidad del pellet normal, al gelatinizar los almidones, hace que éstos actúen como aglutinantes mejorando la consistencia del pellet, existiendo significación estadística con la inclusión de almidón obteniendo valores del 97% en el índice de durabilidad del pellet normal.

4.3.5. COMPARACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE PELLET PARA ALIMENTO CONCENTRADO DE BAJA DENSIDAD NUTRICIONAL.

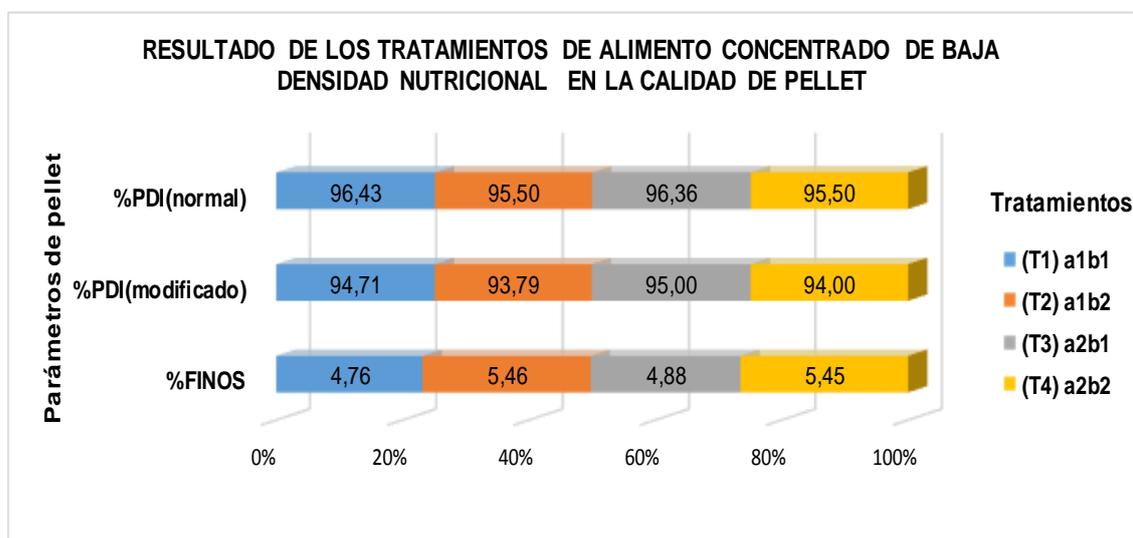


Figura 29. Comparación de parámetros de calidad de pellet para alimento concentrado de alta densidad nutricional.

Según los análisis cuantitativos, se puede observar que el tratamiento **T1** (Inclusión de harina de trigo suave al 10 % y granulometría de la mezcla superior a 640 (micras) fue el mejor tratamiento entre los evaluados.

4.4. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES EVALUADAS.

4.4.1. ANÁLISIS DEL VARIABLE VALOR NUTRICIONAL DE LAS MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO TERMINADO.

Para analizar el valor nutricional de alimento concentrado de alta y baja densidad nutricional con inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* al 10 % y 0% se tomó muestras de cada tratamiento.

En la tabla 44, se presenta los valores nutricionales del alimento concentrado para ganado lechero de alta densidad nutricional.

Tabla 44. Valor nutricional del alimento concentrado para ganado lechero de alta densidad nutricional.

	%					
Tratamientos	Humedad	Grasa	Ceniza	Proteína	Fósforo	Fibra
T1	9,96	5,08	6,33	15,02	0,64	3,99
T2	9,19	4,99	6,86	15,00	0,68	4,32
T3	9,71	5,45	6,01	15,98	0,65	4,11
T4	8,69	5,67	6,78	14,99	0,61	3,97

Fuente: (Laboratorio químico de la planta de alimentos balanceados). Quito-Ecuador.

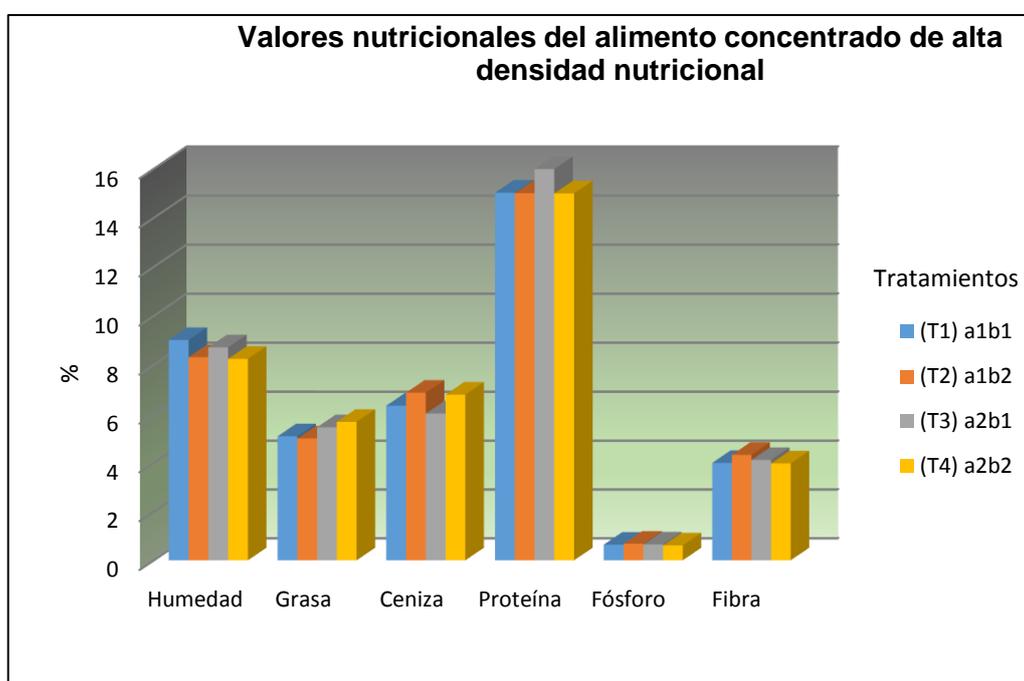


Figura 30. Valores nutricionales del alimento concentrado de alta densidad nutricional.

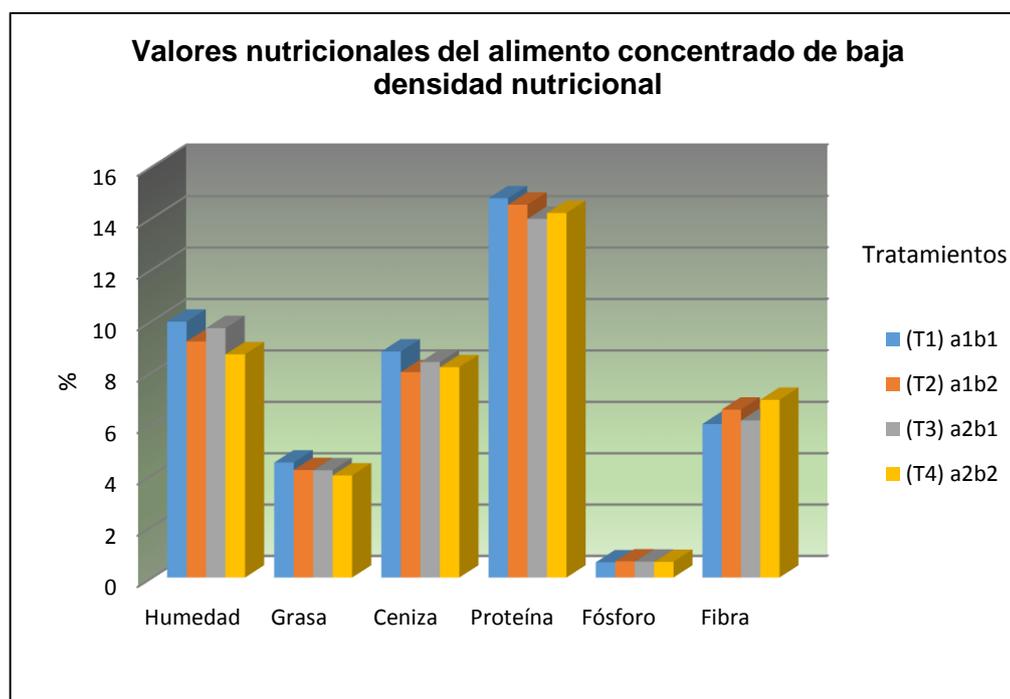
La figura 30, indican el comportamiento de los análisis bromatológicos del producto terminado del alimento concentrado de alta densidad nutricional de cada tratamiento.

A continuación se presenta en la tabla 45, los valores nutricionales del alimento concentrado de baja densidad nutricional.

Tabla 45. Valor nutricional de alimento concentrado de baja densidad.

	%					
Tratamientos	Humedad	Grasa	Ceniza	Proteína	Fósforo	Fibra
T1	9,01	4,48	8,80	14,76	0,59	5,98
T2	8,31	4,19	8,00	14,51	0,63	6,54
T3	8,71	4,18	8,39	13,96	0,62	6,12
T4	8,24	3,98	8,19	14,19	0,61	6,92

Fuente: (Laboratorio químico de la planta de alimentos balanceados). Quito-Ecuador.

**Figura 31.** Valores nutricionales del alimento concentrado de baja densidad nutricional.

La figura 31, nos indican el comportamiento de los análisis bromatológicos del producto terminado del alimento concentrado de baja densidad nutricional de cada tratamiento.

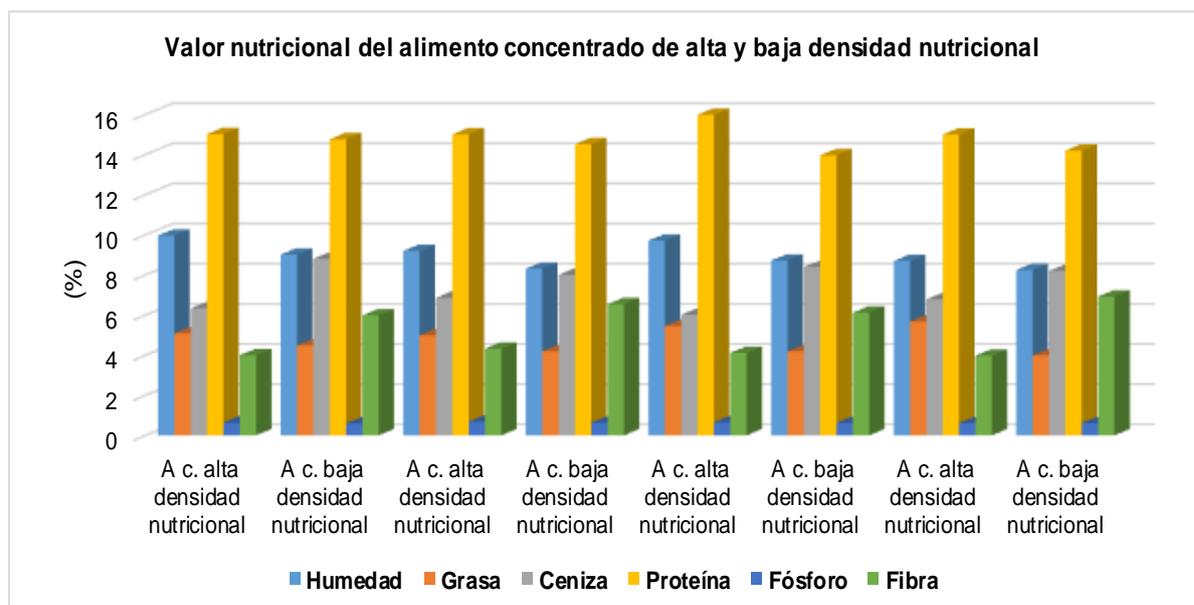


Figura 32. Valor nutricional del alimento concentrado de alta y baja densidad nutricional.

De acuerdo a los análisis, humedad, grasa, ceniza, proteína, fósforo y fibra, se considera que los productos elaborados presentan alta calidad en las características nutrimentales, el alimento concentrado de alta densidad nutricional supera en grasa, proteína y humedad, siendo un alimento utilizado para vacas en alta producción de leche, mientras que el de baja densidad presenta contenidos altos de fibra y ceniza requerimientos necesarios para vacas en media producción.

A continuación se presentan los valores nutricionales de las materias primas del alimento concentrado.

Tabla 46. Valor nutricional de las materias primas para el alimento concentrado.

Materias primas	Análisis Químicos (%)				
	Humedad	Grasa cruda	Ceniza	Proteína cruda	Fibra cruda
Pasta de soya	9,12	1,65	6,78	45,54	3,60
Especificaciones	máx. 12.0	2.0 ± 0.5	7.0 ± 1.0	47.0 ± 1.5	4.0 ± 0.8
Harina de trigo suave <i>Triticum aestivum</i>	9,91	1,38	1,60	10,92	2,48
Especificaciones	máx. 11.0	2.00 ± 0.5	máx 1.7	10.0 ± 2.0	máx 2.5
Maíz	10,89	4,10	1,39	8,42	1,31
Especificaciones	máx. 14.0	3.5 ± 0.6	1.2 ± 0.3	8.0 ± 1.0	2.0 ± 0.5

Fuente: (Laboratorio químico de la planta de alimentos balanceados). Quito-Ecuador.

Las tabla 46, indica los resultados de los análisis bromatológicos de la pasta de soya, harina suave de trigo *Triticum aestivum* y maíz con sus respectivas especificaciones técnicas.

Las materias primas cumplen con las especificaciones técnicas que son necesarias para obtener la formulación estable para el proceso, que es indispensable para obtener un producto de alta calidad.

4.4.2. ANÁLISIS DE LA VARIABLE DENSIDAD APARENTE DE LAS PRODUCTO TERMINADO Y MATERIAS PRIMAS:

Para analizar la densidad aparente de alimento concentrado de alta y baja densidad nutricional con inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* al 10 % y 0% se tomó datos de cada tratamiento, además de las principales materias primas que integran la mezcla.

A continuación se presenta los valores de densidad del alimento concentrado para producto terminado de cada tratamiento.

Tabla 47. Densidad aparente del producto terminado.

Tratamientos	Alimento concentrado de alta densidad nutricional densidad aparente g/l	Alimento concentrado de baja densidad nutricional densidad aparente g/l
T1	655	605
T2	661	545
T3	648	610
T4	615	602

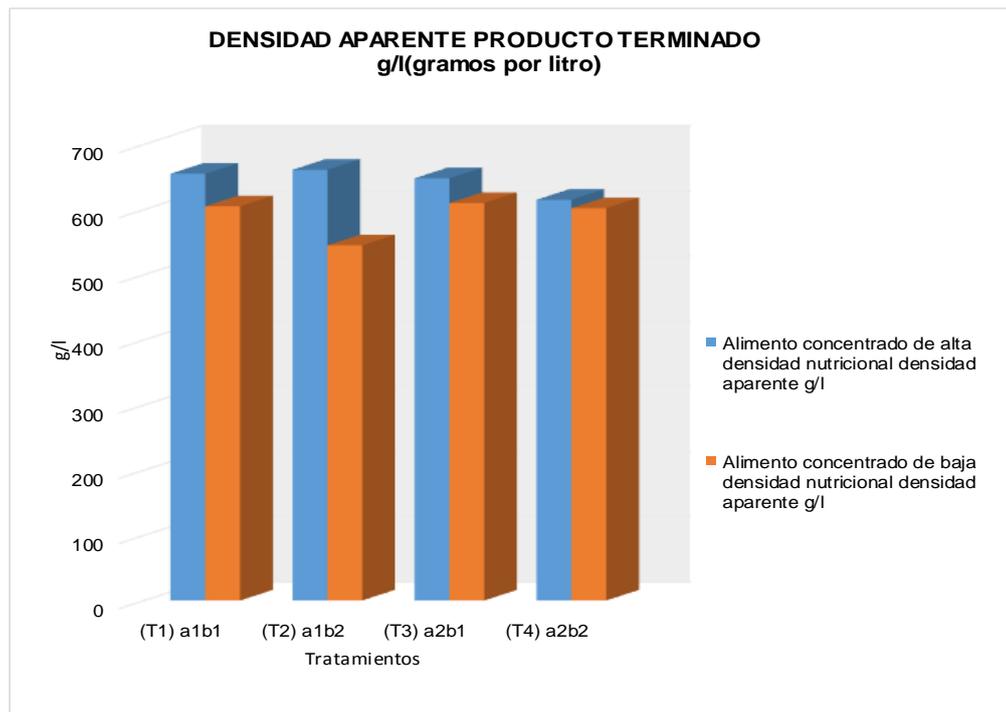


Figura 33. Densidad aparente del producto terminado.

La figura 33 nos indica la densidad aparente de los tratamientos del alimento concentrado de alta y baja densidad nutricional.

El análisis de esta variable muestra la densidad aparente de cada alimento, se obtuvo una diferencia considerable, lo que determina que el alimento concentrado de alta densidad nutricional presenta materias primas de alta calidad para su proceso al poseer un punto más de inclusión de pasta de soya en su fórmula le permite por medio de la desnaturalización de las proteínas mayor aglomeración en el proceso de peletizado, además este cálculo es de vital importancia para evitar la compactación en los bins de despacho del producto terminado.

A continuación se presenta los valores de densidad aparente de las materias primas para el alimento concentrado.

Tabla 48. Densidad aparente materias primas.

Materia prima	Densidad aparente g/l (gramos por litro)
Maíz molido	570
Pasta de soya	640
Harina de trigo	550

El tabla 48, indica la densidad aparente de las materias primas, la materia prima que presenta mayor densidad es la pasta de soya 640 g/l por obtener granulometría más gruesa a diferencia de la harina de trigo y el maíz, además es importante para determinar el control y el tiempo necesario para obtener una adecuada dosificación determinada por el ángulo de reposo.

4.4.3. MODELO DE CORRELACIÓN ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL PELLET NORMAL Y PROMEDIO DE DUREZA.

Para el modelo de correlación se evaluó la relación de dos variables promedio de la dureza e índice de durabilidad del pellet PDI (normal).

A continuación se presenta el modelo correlación para alimento concentrado de alta densidad nutricional durante los 6 meses del ensayo

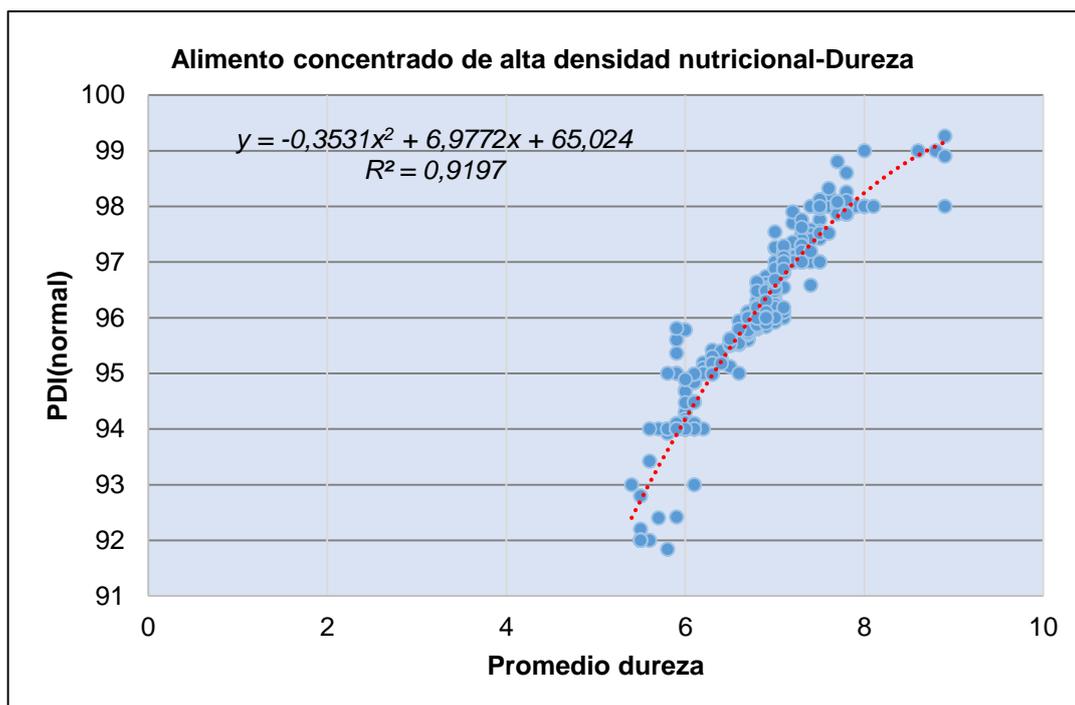


Figura 34. Modelo de correlación para alimento concentrado de alta densidad nutricional.

Tabla 49. Correlación del alimento concentrado de alta densidad nutricional.

Dureza Kg/f	PDI (normal) %
9	99,22
8	98,24
7	96,56
6	94,18
5	91,08

La figura 34, nos indica la correlación del alimento concentrado de alta densidad nutricional, tiene un ajuste del $R^2= 0,91$, lo que permite definir que existe relación efectiva entre las dos variables con valores de PDI (normal) de 92 a 99 %, promedio de dureza de 5 a 9 kg/cm².

A continuación se presenta el modelo correlación para alimento concentrado de baja densidad nutricional durante los 6 meses del ensayo.

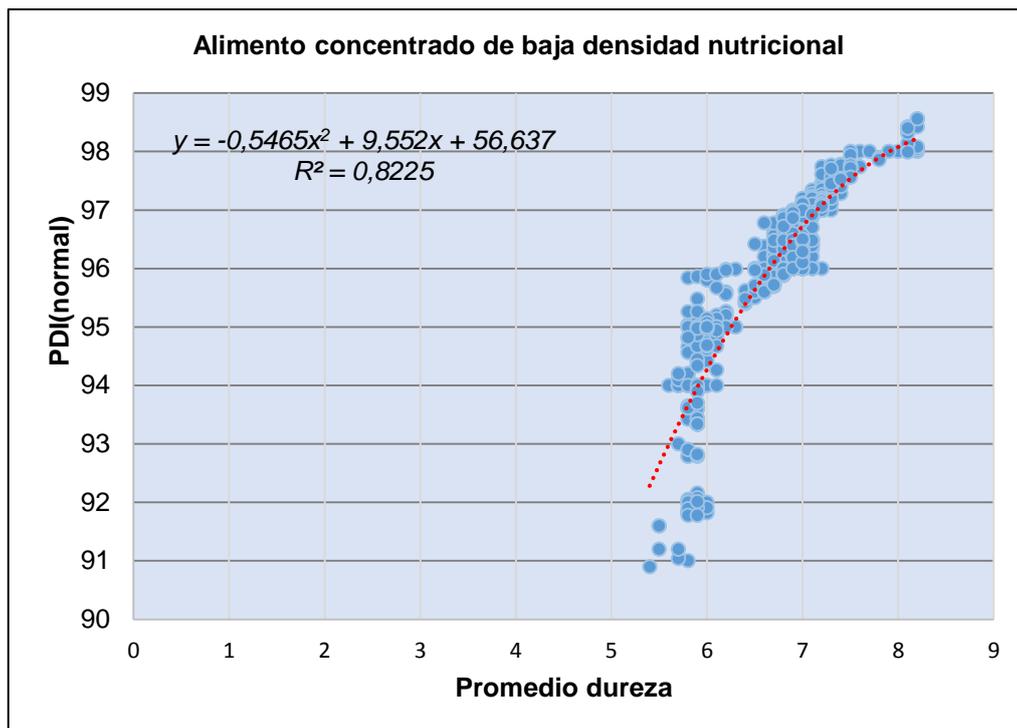


Figura 35. Modelo de correlación para alimento concentrado de baja densidad nutricional

La figura 35, nos indica la correlación del alimento concentrado de baja densidad nutricional, tiene un ajuste del $R^2 = 0,82$, lo que permite determinar que existe eficaz concordancia entre las dos variables, con valores de PDI (normal) de 91 a 99 % y promedio de dureza de 5 a 8 kgf/cm².

Tabla 50. Correlación del alimento concentrado de baja densidad nutricional

Dureza Kg/f	PDI (normal) %
9	98,34
8	98,08
7	96,72
6	94,28
5	90,73

Mediante la valoración del proceso de correlación para los dos tipos de alimentos, se determina que la correlación es altamente proporcional, al obtener alto promedio de dureza existe aumento o mayor porcentaje de índice de durabilidad del pellet PDI (normal) y viceversa.

4.4.4. PRUEBA DE HOMOGENIZACIÓN DE LA MEZCLA.

Prueba de mezclado para establecer el tiempo óptimo de homogenización, en alimento concentrado de alta densidad nutricional y baja densidad nutricional con inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* al 10 % y 0 %.

4.4.4.1. Prueba de homogenización de la mezcla para alimento concentrado de alta densidad nutricional.

Tabla 51. Resultado del índice de mezclado para alimento concentrado de alta densidad nutricional sin trigo

Valores	Media	Coef. Variación	# Datos
134,13	134,30	5,20	10
126,00			
133,25			
134,00			
145,80			
139,25			
123,70			
136,70			
141,50			
127,15			

Fuente: (Laboratorio químico de la planta de alimentos balanceados). Quito-Ecuador.

En la tabla 51, nos indica los resultados del índice de mezclado del alimento concentrado de alta densidad nutricional, obteniendo una media de 134,3 y un coeficiente de variación de 5,2 % valor preciso.

Tabla 52. Resultado del índice de mezclado para alimento concentrado de alta densidad nutricional con inclusión harina de trigo suave *Triticum aestivum*

Valores	Media	Coef. Variación	# Datos
121,59	128,30	4,98	10
126,00			
132,45			
134,00			
135,80			
129,25			
123,70			
136,70			
121,50			
123,16			

Fuente: (Laboratorio químico de la planta de alimentos balanceados). Quito-Ecuador.

En la tabla 52, nos indica los resultados del índice de mezclado del alimento concentrado de alta densidad nutricional, obteniendo una media de 128,3 y un coeficiente de variación de 4,72 % que es aceptable.

4.4.4.2. Prueba de homogenización de la mezcla para alimento concentrado de baja densidad nutricional.

Tabla 53. Resultado del índice de mezclado para alimento concentrado de baja densidad nutricional sin trigo

Valores	Media	Coef. Variación	# Datos
136,55	139,60	5,50	10
140,00			
133,25			
133,00			
145,80			
149,25			
125,70			
136,70			
141,50			
127,25			

Fuente: (Laboratorio químico de la planta de alimentos balanceados). Quito-Ecuador.

En la tabla 50, nos indica los resultados del índice de mezclado del alimento concentrado de baja densidad nutricional sin trigo, obteniendo una media de 139,6 y un coeficiente de variación de 5,5% siendo un valor preciso.

Tabla 54. Resultado del índice de mezclado para alimento concentrado de baja densidad nutricional con inclusión harina de trigo suave *Triticum aestivum*

Valores	Media	Coef. Variación	# Datos
130,26	135,60	5,10	10
141,00			
132,29			
133,10			
146,70			
139,25			
125,71			
135,12			
141,50			
128,25			

Fuente: (Laboratorio químico de la planta de alimentos balanceados). Quito-Ecuador.

En la tabla 54, nos indica los resultados del índice de mezclado del alimento concentrado de baja densidad nutricional con inclusión de harina de trigo, obteniendo una media de 135,6 y un coeficiente de variación de 5,1 % que es preciso.

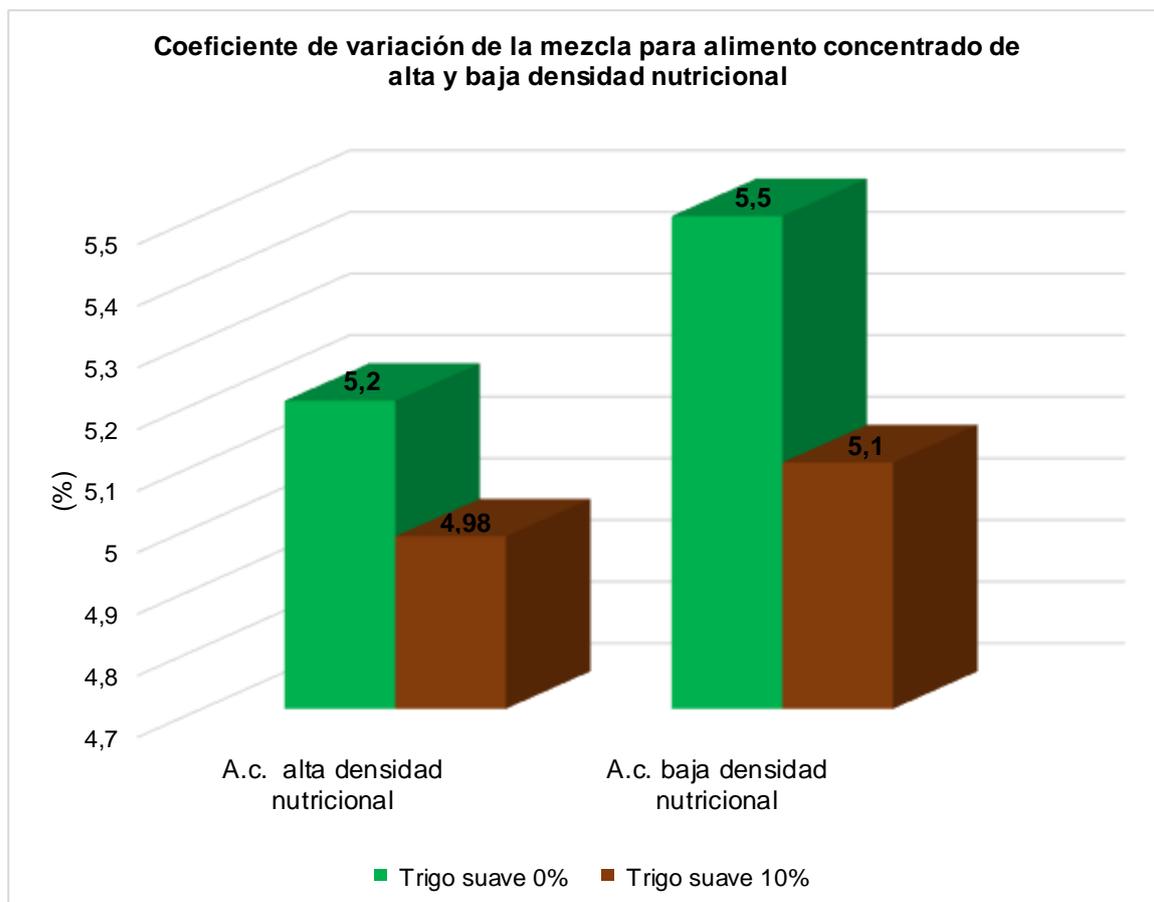


Figura 36. CV de la mezcla para alimento concentrado de alta y baja densidad nutricional.

Los resultados obtenidos de la homogenización de la mezcla en los diferentes alimentos, nos indica que el coeficiente de variación es inferior al 10 %, al ser en condiciones controladas de laboratorio el valor es bastante aceptable por presentar poca variación, además determina que la mezcla es satisfactoria y que la mezcladora no presenta problemas mecánicos, el tiempo establecido de 215 s es el apropiado. Con la inclusión de harina de trigo suave el cv de la mezcla es inferior por el almidón que contiene esta materia prima que permite mayor aglomeración en la mezcla.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES:

1. La granulometría de la mezcla inferior a 640 (micras) incide en el alimento concentrado de alta densidad nutricional para vacas lecheras, presento un efecto mínimo sobre el porcentaje de migajas en 1,61% cuando no se incluye harina de trigo suave *Triticum aestivum*.
2. La granulometría de la mezcla menor a 640 (micras) incide en el alimento concentrado de alta densidad nutricional para vacas lecheras sobre el contenido de finos en 4,14% al incorporar el 10% de la harina de trigo suave *Triticum aestivum*.
3. La incorporación en la formulación del 10 % de harina de trigo suave *Triticum aestivum* presento mayor efecto en la elaboración de alimento concentrado peletizado de alta y baja densidad nutricional para vacas lecheras disminuye el porcentaje de finos y aumenta el índice de durabilidad del pellet normal y modificado.
4. Los análisis nutricionales del alimento concentrado de alta densidad nutricional presenta valores superiores en proteína y grasa, requerimientos nutrimentales para vacas lecheras en alta producción de leche.

5. El alimento concentrado de baja densidad nutricional presenta valores superiores en cantidad de fibra y ceniza requerimientos nutrimentales para vacas en producción normal de leche.

6. Aplicado el modelo de correlación de las variables de estudio índice de durabilidad del pellet normal y promedio de la dureza, las ecuaciones de regresión presentan alta confiabilidad, lo que permite sugerir a este método como forma alternativa en el cálculo del índice de durabilidad del pellet normal y las mismas que permitirán establecer ventaja en el tiempo de análisis.

5.2. RECOMENDACIONES:

1. Se debe realizar otras investigaciones con granulometrías de la mezcla inferiores a 640 (micras), ya que no se evidencio mejora significativa en la calidad de pellet por este factor.
2. Se debe determinar mediante investigaciones que componente de la harina de trigo suave *Triticum aestivum* permite mayor índice de compactación del pellet.
3. Se debe potencializar para el proceso de peletización mayor disponibilidad de la materia prima harina de trigo suave *Triticum aestivum*, en el Ecuador se realizan importaciones de países que producen por cierto tiempo y la materia prima no se la tiene en todas las temporadas, ya que con ello se lograría alta efectividad en el proceso y calidad de pellet a largo plazo.
4. Al prolongar el tiempo de permanencia de la mezcla de 35 a 60 s, se puede obtener un vapor de alta calidad en el proceso y mayor homogenización de la mezcla en el acondicionador.
5. Para cálculos de correlación en base al modelo estadístico aplicado, se recomienda que para el alimento concentrado de baja densidad nutricional, se tome el mayor número de datos para mejorar el ajuste del R².

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

6.1. BIBLIOGRAFÍA:

- › Anonym. (2009). *Advances in feed technology*. Virginia.
- › Anonym. (2009). *Traceability in the Food Chain. A Preliminary Study*, 1-2.
- › Behnke, K. (2011). *The Art (Science) of Pelleting, Feed Technology*. Southeast Asia.
- › Behnke, K. C., & Beyer, R. S. (2010). *Effect of feed processing on broile performance.*, (pp. 25,26,27,28,29). Manhattan, Kansas.
- › Billmeyer, F. (2012). *Ciencia de los polímeros*. Barcelona: Reverté.
- › Cavalcanti, & Behnken, K. (2011). *Evaluación de los factores que afectan la durabilidad del pellet*. Kansas.
- › Chávez, D. (2014). *Análisis nutricionales*. Quito.
- › Dearsley, & Glenn. (2010). *Manual de peletización . Borregaard*, 19-20-21.
- › Fahrenholz, Charles, & Adam. (2012). *Pellet durability*. M.S., Kansas State University.
- › Fernández. (2009). *Necesidades nutricionales para rumiantes norma FEDNA*. Barcelona.
- › Guy, R. (2008). *Extrusion de alimentos tecnología y aplicaciones*. Manhattan Kansas.
- › Hancock, J. D., & Behnke, K. C. (2010). *Use of ingredient and diet processing technologies (grinding, Mixing, Pelleting, and Extruding)*.
- › Heffner, L. E., & Pfof, H. B. (2011). *Gelatinization during pelleting*. Kansas.

- › Hernández, M., & Guerrero, L. (2010). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México*. México: Ciencia e Tecnología de Alimentos.
- › J, C. (2008). *Feed Pelleting*. Kansas: Section 1.
- › Kaliyan, N., & Morey, V. (2011). *Factors affecting strength and durability of densified*. Recuperado de: University of Minnesota: <http://www.biomasschpethanol.umn.edu/>.pdf
- › Keith Behnke, C. (2012). *Tecnología de fabricación de alimentos*. Kansas , Manhattan, KS.
- › Koch, K. (2008). *Feed mill efficiency*. USA: North Dakota State University.
- › Lara. (2014). *Método de análisis (PDI), determinación durabilidad de pellets*. Quito.
- › Litster, J. E. (2009). *The Science and Engineering of Granulation Processes*. Kluwer Academia Publishers.
- › Luciano, R. (2010). *Alimento para vacas lecheras*.
- › Maier, D., Kelley, R., & Bakker Arkerma, F. (2010). *Chilled air pelling cooling*. Kansas.
- › Martínez, F., Bustos , M., & López, S. (2010). *Preparation and properties of pre-gelatinized cassava*. Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.
- › Mateos G, G. V. (2009). *Influencia de procesamiento de ingredientes y productividad*. Recuperado de: http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/05CAP_XII.pdf
- › Mc Ellhiney, R. (2008). *AFIA American Feed Industry Association , Tecnología para la fabricación de Alimento Balanceado*. Kansas.
- › Murakami, L., Souza, M., & Sakamoto. (2008). *Using processed feeds for laying quails*. Recuperado de <http://www.scielo.br/scielo.php>

- › Obernberger, I., & Thenk, G. (2004). *Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behavior.*
- › Oscar, A. (2013). *Instrucción Planes de Muestreo y Glanulometría.*
- › Oscar, A. (2014). *Control de calidad en el proceso de fabricación de alimento balanceado extruido para especies acuícolas.* Quito.
- › Payne, J., Rattink, W., Smith, T., Winowisk, T., Dearsley, G., & Strom, L. (2010). *Manual del peletizado.*
- › Rial, E., Méndez, J., & Larraga, L. (2009). *Nuevas tecnologías en la fabricación de piensos. Curso de espelización Fedna.*
- › Ruíz, G. (2007). *Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón.* Ingeniería en ciencia.
- › Stan, C. (2014). *Norma del codex.* Obtenido de www.codex.com
- › Valencia, A. (2014). *Ficha Técnica de materia prima harina de trigo blanca.* Quito.
- › Valencia, Alexandra. (2014). *Fichas técnicas de materias primas para la mezcladora.*
- › Van Der Poel, A. F. (2008). *Effect of expander condition and pelleting science technology.* Kansas.
- › Vest, L. (2008). *Factors wich influence pellet production and quality.* California.
- › Wattiaux, M. A. (1994-2014). *Nutrición y Alimentación.* Wisconsin: Board of Regents of the University of Wisconsin System.
- › Wattiaux, M. A., & Howard, W. T. (2010). *Alimentos para vacas lecheras. Esenciales lecheras.*
- › Weeler, R. (2010). *Recomendaciones para la alimentación de vacas lecheras.,* (págs. 23,24,26). Canadá.
- › Winowisky, T. (2009). *Pellet quality in animals feeds.* California.

- › Yanez, M., & Yopez, M. (2014). *Ficha técnica producto terminado*. Quito.
- › Zhou, A., & Machinery, A. (2013). *Tecnología de peletizado para la ganadería lechera*. 1-2.

ANEXOS

ANEXO 1

Características físicas, químicas y microbiológicas de las principales materias primas que integran la mezcla.

Características	Maíz	Harina de trigo	Pasta de soya
Físicas:			
Apariencia	Libre de olores objetables, de infestación y de otras semillas	Libre de materiales extraños, de infestación por insectos y de olor rancio o desagradable	Libre de impurezas, infestación con insectos y de olor a rancio, quemado o a agroquímicos
Humedad	14%	11%	12%
Impurezas:	Max 3%		
Granos Partidos:	Max 5%		
Granos Podridos:	Max 0,5%		
G. dañados Hongos:	Max 0,5%		
G. dañados Calor	Max 0,2%		
Activ. ureásica cualitativa			4 (ligeramente activo)
Químicos:			
Proteína cruda	8.0 ± 1.0 %	10.0 ± 2.0 %	
Grasa cruda	3.5 ± 0.6 %	2.00 ± 0.5 %	
Fibra cruda	2.0 ± 0.5 %	Máx 2.5 %	
Ceniza	1.2 ± 0.3 %	Máx 1.0 %	
Activ. ureásica cuantitativa			0.05 - 0.2
Microbiológicos:			
Salmonella y Shigella	negativo/ 25 g	negativo/ 25 g	negativo/ 25 g
Hongos	máx. 10 ⁴ ufc/ g	máx. 10 ⁴ ufc/ g	máx. 10 ⁴ ufc/ g
Coliformes	máx. 10 ⁴ ufc/ g	máx. 10 ⁴ ufc/ g	máx. 10 ⁴ ufc/ g
Toxicológicos:			
Aflatoxina	máx. 20 ppb	máx. 20 ppb	máx. 20 ppb
Vomitoxina	máx. 0.5 ppm	máx. 0.5 ppm	máx. 0.5 ppm

Fuente: Chávez (2014) .Características físicas, químicas y microbiológicas de las principales materias primas que integran la mezcla (Informe). Recuperada de la base de datos de la Biblioteca de Alimentos Balanceados Quito-Ecuador.

ANEXO 2

Fotografías correspondientes a la investigación.



Fotografía 1.-Toma de muestras de materias primas en recepción. Laboratorio físico, Planta de alimentos balanceados Puenbo, junio 2014.



Fotografía 2.- Determinación de granulometría de la mezcla. Laboratorio físico, Planta de alimentos balanceados Puenbo, junio 2014.



Fotografía 3.- Pdiómetro para la determinación del índice de durabilidad de pellet (PDI) normal y modificado. Laboratorio físico, Planta de alimentos balanceados Puenbo, junio 2014.



Fotografía 4.- Determinación de dureza del pellet con el durómetro. Laboratorio físico, Planta de alimentos balanceados Puenbo, junio 2014.



Fotografía 5.- Determinación del contenido de migajas y finos del producto terminado. Laboratorio físico, Planta de alimentos balanceados Puenbo, junio 2014.