



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Campus Arturo Ruíz Mora
Santo Domingo

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL Y SISTEMAS DE GESTIÓN

Tesis de grado previa a la obtención del título

INGENIERA AGROINDUSTRIAL, MENCIÓN EN ALIMENTOS

“OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE HUEVO DE GALLINA MEDIANTE EL ESTUDIO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE SECADO, PARA LA ELABORACIÓN DE BALANCEADO PARA CODORNICES EN ETAPA DE POSTURA EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS 2009”

Estudiante:

Gina Fernanda Murillo Villagómez

Director de tesis:

Ing. Diana Buitrón

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador
Junio - 2011

“OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE HUEVO DE GALLINA MEDIANTE EL ESTUDIO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE SECADO, PARA LA ELABORACIÓN DE BALANCEADO PARA CODORNICES EN ETAPA DE POSTURA EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS 2009”.

Ing. Diana Buitrón

DIRECTORA DE TESIS

APROBADO

Ing. Daniel Anzules

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Elsa Burbano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Wiston Morales

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo de los Tsáchilas.....de.....2011

Autor: Gina Fernanda Murillo Villagómez

Institución: Universidad Tecnológica Equinoccial

Título de tesis: “Obtención de harina a partir de la cáscara de huevo de gallina mediante el estudio de la temperatura y tiempo de secado, para la elaboración de balanceado para codornices en etapa de postura en Santo Domingo de los Tsáchilas 2009”.

Del contenido del presente documento

Se responsabiliza el autor

Gina Fernanda Murillo Villagómez

Santo Domingo de los Tsáchilas.....de.....2011

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Campus Arturo Ruiz Mora
Santo Domingo

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

INFORME DE DIRECCIÓN DE TESIS

Santo Domingo, ____ de _____ del 2011

Ingeniero

Daniel Anzules

COORDINADOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Presente,

Yo, Ing. Diana Buitrón, en calidad de directora de tesis, informo que el presente tema de investigación “Obtención de harina a partir de la cáscara de huevo de gallina mediante el estudio de la temperatura y tiempo de secado, para la elaboración de balanceado para codornices en etapa de postura en Santo Domingo de los Tsáchilas 2009”, se realizó en la Universidad Tecnológica Equinoccial Campus Arturo Ruiz Mora, bajo la ejecución de Gina Fernanda Murillo Villagómez, egresada de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial.

El presente trabajo de investigación ha sido dirigido y revisado en todas sus partes, bajo los parámetros programados y cumple con las Normas legales de la Universidad, de lo cual doy fe, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Atentamente.

.....
Ing. Diana Buitrón
DIRECTORA DE TESIS

Dedicatoria

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño.

A ti DIOS que me diste la oportunidad de vivir, por regalarme una familia maravillosa y sobre todo por colmarme de fe, fortaleza, salud, paciencia y esperanza para terminar este trabajo.

Con mucho cariño a mis padres Pedro y Jenny, quienes me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón, los amo.

A mi querido esposo, Carlos Espín, quien me brindó su amor, su comprensión y su apoyo constante, para culminar con mi meta.

A mi adorada hija, Cloe Gianna quien ha sido motivo de mis fuerzas para seguir adelante.

A mi querida hermana, Priscila Milagros, y mi prima, Geovanna quienes cuidaron de mi hija mientras realizaba mis estudios, ¡Gracias! Sin ustedes no hubiese podido hacer realidad este sueño.

A los que nunca dudaron que lograría este triunfo: a mi hermano, Pedro Josué, a mi abuelita Natividad y de manera especial, a mi tía Mariana, quien me apoyó en el momento que más necesite. ¡Gracias!

Gina Fernanda Murillo V.

Agradecimiento

Primeramente doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para terminar mis estudios universitarios.

A mis padres, a quienes prometí terminar mi carrera y no darme por vencida en los obstáculos que encuentre a lo largo del camino. ¡Promesa cumplida!

A mis amigos y compañeros: Ximena Morales, Luis Moreno, Marco Robles, Diana Murillo, Diana Romero, Nadia Solórzano, quienes estuvieron a mi lado en todo el transcurso de la carrera universitaria.

A mi directora de tesis, Ing. Diana Buitrón quien con su ayuda y dedicación fue posible la culminación de este trabajo.

Al Ing. Jesús Zambrano, quien con su conocimiento me brindó su ayuda desinteresadamente.

A mis queridos maestros que conforman la escuela de agroindustrias, y de manera especial, al Ing. Daniel Anzules, Ing. Alejandro Bermúdez, Ing. Juan Crespín, Ing. María Gutiérrez, Ing. Sonia Erazo, Ing. Karina Cuenca, Ing. Elsa Burbano, Ing. Wiston Morales, Dr. Xavier Caisaguano, Ing. Roberto Campos, Ing. Olga Pérez, Dra. Luz María Martínez, Ing. Elsa Vivanco, Ing. Paúl Gonzales, Ing. Andrés Murillo, Ing. Mercy Villavicencio, los quiero mucho y nunca los olvidaré.

Gina Fernanda Murillo V.

TABLA DE CONTENIDO

	Página.
Portada.....	i
Hoja de Presentación y Aprobación de Integrantes del Tribunal.....	ii
Hoja de Derecho de autor.....	iii
Informe de Aprobación del Director del Plan de Titulación.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Tabla de Contenido.....	vii
Resumen Ejecutivo.....	xviii
Summary.....	xx

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes.....	1
1.1.1	Antecedentes Históricos.....	1
1.1.2.	Antecedentes Científicos.....	2
1.1.3.	Antecedentes Prácticos.....	3
1.1.4.	Importancia práctica del estudio.....	3
1.1.5.	Situación actual del tema de investigación.....	4
1.2.	Limitaciones del estudio.....	4
1.3.	Alcance del trabajo.....	4
1.4.	Objeto del estudio.....	4
1.5.	Objetivos.....	4
1.5.1.	Objetivo General.....	4
1.5.2.	Objetivos Específicos.....	5
1.6.	Justificación del estudio.....	5
1.6.1.	Impacto Práctico.....	5

1.6.2. Impacto Teórico.....	5
1.6.3. Impacto Metodológico.....	6
1.6.4. Impacto Ambiental y Económico.....	6
1.7. Hipótesis.....	6
1.7.1. Variables.....	7
1.8. Población y muestra.....	8

CAPÍTULO II

MARCO DE REFERENCIA

2.1. Huevo (Alimento).....	9
2.1.1. Cáscara de huevo	10
2.1.2. Características.....	11
2.1.2.1. Espesor.....	11
2.1.2.2. Poros.....	12
2.1.2.3. Membrana de la cáscara.....	12
2.1.2.4. Color del cascarón del huevo	13
2.1.3. Composición del Huevo de Gallina	15
2.2. Codornices.....	15
2.2.1. Razas y Líneas.....	17
2.2.2. Líneas de Postura.....	17
2.2.2.1. La “Coturnix Japónica”.....	17
2.2.2.2. La “Coreana”.....	17
2.3. Alimentación.....	18
2.4. Requerimiento nutricional de la codorniz japónica.....	19
2.5. Productos del suplemento alimenticio.....	20
2.5.1. Maíz.....	20
2.5.2. Aceite de palma	21

2.5.3.	Pasta de soya	22
2.5.4.	Harina de cáscara de huevo de gallina	23
2.6.	Propiedades del huevo de codorniz	23
2.6.1.	Composición del huevo de codorniz	24
2.7.	Instalaciones.....	25
2.7.1.	Galpones.....	25
2.7.2.	Jaulas.....	26
2.7.2.1.	La Jaula Piramidal.....	26
2.7.2.2.	La Jaula Vertical.....	27
2.7.3.	Bebederos.....	28
2.8.	Comercialización.....	28
2.8.1.	Comercialización del huevo	28
2.8.2.	Comercialización de la carne.....	29
2.8.3.	Comercialización de la codornaza.....	30
2.9.	Procesos para la elaboración de harina	31
2.9.1.	Secado	31
2.9.2.	Tipos de secadores.....	31
2.9.2.1.	Secador de dos plantas.....	31
2.9.2.2.	Secador de cabina, bandejas o compartimientos.....	31
2.9.2.3.	Secador de túnel.....	32
2.9.2.4.	Secador de tambor.....	32
2.9.3.	Molienda.....	32
2.9.4.	Clasificación de los molinos.....	33
2.9.4.1.	Molinos de martillos.....	33
2.9.4.2.	Molinos de placas.....	33
2.9.4.3.	Molino de rodillos.....	33
2.9.5.	Mezclado	34
2.9.6.	Tipos de mezcladores.....	35
2.9.6.1	Mezcladores de Hélice y Helicoidales.....	35
2.9.6.2.	Mezclador de cinta	36

2.9.7.	Proceso de elaboración de balanceados	36
2.9.7.1.	Flujo del proceso de producción en una escala de micro empresa/artesanal ...	38
2.9.7.2.	Flujo del proceso de producción en una escala de pequeña empresa.....	40

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1.	Aspectos metodológicos del estudio.....	44
3.1.1.	Ubicación.....	44
3.1.2.	Diseño o tipo de investigación.....	44
3.1.2.1.	Descriptivo.....	44
3.1.2.2.	Experimental.....	44
3.1.3.	Métodos de investigación.....	45
3.1.3.1.	Análisis.....	45
3.1.3.2.	Síntesis.....	45
3.1.3.3.	Estadístico.....	45
3.1.4.	Fuentes y técnicas de investigación.....	46
3.1.4.1.	Fuentes primarias.....	46
3.1.4.2.	Fuentes secundarias.....	46
3.2.	Variables.....	46
3.2.1.	Variables para la obtención de harina de cáscara de huevo de gallina.....	46
3.2.2.	Variable para la elaboración de balanceado para codornices en etapa de postura.....	47
3.3.	Tratamientos de los datos.....	47
3.3.1.	Obtención de harina de cáscara de huevo de gallina.....	47
3.3.2.	Descripción de los tratamientos a nivel de campo.....	49
3.4.	Materiales, equipos y materia prima para la obtención de harina a partir de cáscara de huevo de gallina.....	50

3.4.1.	Materiales.....	50
3.4.2	Equipos.....	51
3,4.3.	Materia prima.....	51
3.5	Obtención de harina a partir de cáscara de huevo de gallina.....	51
3.5.1	Diagrama de flujo cualitativo para la obtención de harina de cáscara de huevo de gallina.....	52
3.5.1.1.	Recepción.....	53
3.5.1.2.	Pesado 1.....	53
3.5.1.3	Triturado.....	53
3.5.1.4.	Secado.....	53
3.5.1.5.	Molido.....	54
3.5.1.6.	Pesado 2.....	54
5.5.1.7.	Almacenado.....	54
3.5.2.	Control de calidad de la harina de la cáscara de huevo de gallina.....	54
3.5.2.1.	Análisis bromatológicos.....	54
3.6.	Materiales y equipos para la elaboración de balanceado para codornices de postura.....	54
3.6.1.	Materiales.....	54
3.6.2.	Equipos.....	55
3.6.3.	Materia prima.....	55
3.6.4.	Insumos.....	55
3.7.	Preparación de la mezcla del balanceado.....	55
3.7.1.	Diagrama de flujo cualitativo para la obtención del balanceado para codornices de postura.....	56
3.7.1.1.	Mezclado.....	58
3.7.1.2.	Pesado.....	60
3.7.1.3.	Empacado.....	61
3.7.1.4.	Etiquetado.....	61
3.7.1.5.	Almacenado.....	61
3.7.2.	Control de calidad del balaceado para codornices de postura.....	61
3.8.	Diagrama de flujo cualitativo para el manejo de codornices de postura.....	61

3.8.1.	Adecuación de las instalaciones.....	62
3.8.2.	Recepción de las aves.....	62
3.8.3.	Suministro de balanceado.....	62
3.8.4.	Manejo sanitario.....	63
3.8.5.	Manejo de registros.....	63
3.8.6.	Comercialización de huevos.....	63
3.9.	Datos a nivel de campo.....	64
3.9.1.	Cantidad de huevos.....	64
3.9.2.	Calidad de huevos.....	64
3.10.	Diseño experimental de la harina de cáscara de huevo de gallina para determinar la mejor de acuerdo a la temperatura y el tiempo de sacado.....	65
3.10.1.	Humedad.....	65
3.10.2.	Calcio.....	68
3.10.3.	Fósforo.....	71
3.11.	Diseño experimental de las formulaciones para determinar la mejor de acuerdo a la producción de huevos (cantidad) y a la calidad (peso).....	73
3.11.1.	Cantidad de huevos.....	73
3.11.2.	Calidad de huevos.....	75

CAPITULO IV

4.1.	Diagrama de flujo cuantitativo para la obtención de harina de la cáscara de huevo de gallina.....	77
4.1.1.	Balance de materia para la obtención de harina de cáscara de huevo de gallina a nivel de laboratorio	78
4.1.2.	Diagrama de flujo cuantitativo para la obtención de harina de la cáscara de huevo de gallina a nivel piloto.....	85
4.1.3.	Balance de materia para la obtención de harina de cáscara de huevo de gallina a nivel piloto.....	86
4.2.	Diagrama de flujo cuantitativo para la elaboración del balanceado a nivel piloto.....	93

4.2.1.	Balance de materia para la elaboración del balanceado.....	95
4.3.	Balance de energía del proceso para la obtención de harina de cáscara de huevo de gallina a nivel de laboratorio.....	109
4.3.1.	Balance de energía del secado.....	110
4.3.1.1.	Cálculo del calor de paredes verticales.....	111
4.3.1.2.	Cálculo del calor de las paredes frontal y posterior.....	115
4.3.1.3.	Cálculo del calor de las paredes horizontales.....	119
4.3.1.4.	Cálculo de la cantidad de energía que ingresa al secador.....	122
4.3.1.5.	Cálculo del calor práctico del producto.....	123
4.3.1.6.	Cálculo del calor teórico del producto.....	123
4.3.1.7.	Porcentaje de eficiencia del secador.....	125
4.3.1.8.	Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor a nivel de laboratorio	125
4.4.	Curva de secado de la cáscara de huevo de gallina.....	127
4.4.1.	Pérdida de humedad.....	128
4.4.2.	Contenido de humedad.....	129
4.4.3.	Velocidad de secado.....	129
4.5	Rendimiento.....	131
4.5.1.	Rendimiento de la harina de cáscara de huevo de gallina.....	131
4.6.	Diseño del secador a nivel piloto.....	132
4.6.1.	Área de transferencia de calor a nivel piloto.....	132
4.6.2.	Flujo másico de aire.....	132
4.6.2.2.	Cálculo de la humedad absoluta del aire que sale W_G	133
4.6.2.3.	Balance húmedo del sistema.....	134
4.6.2.4.	Cantidad de calor total del secador.....	135
4.6.2.5.	Cálculo del área.....	136
4.6.2.6.	Dimensionamiento de las bandejas.....	136
4.7.	Costos.....	140
4.7.1.	Costos de infraestructura.....	140
4.7.2.	Costo de aves.....	140
4.7.3.	Costos de tratamientos o formulaciones.....	141

CAPITULO V

5.1.	Conclusiones.....	145
5.2.	Recomendaciones.....	147
	Bibliografía.....	149
	Anexos.....	152

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°. 01	Cáscaras de huevo de gallina.....	9
Gráfico N°. 02	Codorniz (<i>Coturnix coturnix</i>).....	15
Gráfico N°. 03	Codorniz bebé.....	16
Gráfico N°. 04	La <i>Coturnix</i> Japónica.....	17
Gráfico N°. 05	La Coreana.....	17
Gráfico N°. 06	Alimentación de codornices.....	18
Gráfico N°. 07	Huevos de codorniz.....	23
Gráfico N°. 08	Galpones.....	25
Gráfico N°. 09	Jaula piramidal.....	26
Gráfico N°. 10	Jaula vertical.....	27
Gráfico N°. 11	Bebedero de nipple o chupos.....	28
Gráfico N°. 12	Comercialización del huevo de codorniz.....	28
Gráfico N°. 13	Secador.....	109
Gráfico N°. 14	Balance de energía del secador.....	110
Gráfico N°. 15	Áreas de las paredes verticales del secador.....	114
Gráfico N°. 16	Áreas de las paredes frontal y posterior del secador.....	118
Gráfico N°. 17	Áreas de las paredes horizontales.....	121
Gráfico N°. 18	Área de las bandejas del secador.....	126
Gráfico N°. 19	Curva de secado de la cáscara de huevo de gallina.....	130
Gráfico N°. 20	Velocidad de secado de la cáscara de huevo de gallina.....	131

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°. 01	Esquema del ADEVA a nivel de laboratorio.....	49
Cuadro N°. 02	Esquema del ADEVA a nivel de campo.....	50
Cuadro N°. 03	Temperatura y tiempo de secado.....	53
Cuadro N°. 04	Registro de cantidad de huevos.....	64
Cuadro N°. 05	Calidad de huevos mediante el peso.....	64
Cuadro N°. 06	Datos técnicos de la estufa.....	109
Cuadro N°. 07	Datos experimentales para la curva de secado (65°C) de la cáscara de huevo.....	127
Cuadro N°. 08	Pérdida de humedad (XT) de la cáscara de huevo de gallina.....	129
Cuadro N°. 09	Velocidad de secado.....	130
Cuadro N°. 10	Rendimiento de la harina de cáscara de huevo de gallina.....	130
Cuadro N°. 11	Costo de infraestructura para la crianza de codorniz.....	140
Cuadro N°. 12	Costo de aves de cuatro semanas de edad.....	140
Cuadro N°. 13	Costo de formulación (T1).....	141
Cuadro N°. 14	Costo de formulación (T2).....	142
Cuadro N°. 15	Costo de formulación (T3).....	143
Cuadro N°. 16	Costo de formulación (T4) o Balanceado comercial.....	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°. 01	Composición de las partes principales del huevo.....	10
Tabla N°. 02	Composición del huevo de gallina.....	13
Tabla N°. 03	Requerimiento nutricional de la Codorniz Japónica.....	19
Tabla N°. 04	Composición química del maíz molido.....	20
Tabla N°. 05	Composición química del aceite de palma.....	21
Tabla N°. 06	Composición química de la pasta de soya.....	22
Tabla N°. 07	Composición química de la harina de cáscara de huevo de gallina...	23

Tabla N°. 08	Composición del huevo de codorniz.....	24
Tabla N°. 09	Análisis nutricional de la carne de codorniz.....	30
Tabla N°. 10	Escala de producción de balanceados.....	37
Tabla N°. 11	Análisis bromatológico de la cáscara de huevo de gallina.....	53
Tabla N°. 12	Análisis bromatológico de la harina de cáscara de huevo de gallina.	54
Tabla N°. 13	Formulación del concentrado.....	58
Tabla N°. 14	Composición nutricional o análisis calculado por el método lineal..	59
Tabla N°. 15	Composición nutricional o análisis calculado por el método del tanteo.....	60
Tabla N°. 16	Análisis bromatológico del balanceado para codorniz de postura....	61
Tabla N°. 17	Porcentaje de humedad en la harina.....	65
Tabla N°. 18	Porcentaje de calcio en la harina.....	68
Tabla N°. 19	Porcentaje de fósforo en la harina.....	71
Tabla N°. 20	Cantidad de huevos por cada tratamiento.....	73
Tabla N°. 21	Calidad de huevos por cada tratamiento.....	75

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Vista frontal del secador a nivel piloto	137
Plano 2	Vista frontal e interna del secador a nivel piloto	138
Plano 3	Vista posterior del secador a nivel piloto	139

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Recepción de cáscara de huevo de gallina.....	153
Anexo 2	Estufa para el secado de la cáscara de huevo de gallina.....	153
Anexo 3	Molienda de la cáscara de huevo de gallina.....	154
Anexo 4	Harina obtenida a partir de la cáscara de huevo de gallina.....	154

Anexo 5	Mezclado de las materias primas e insumos para la obtención del balanceado para codornices de postura.....	155
Anexo 6	Balanceado para codornices en etapa de postura.....	155
Anexo 7	Instalación de la jaula.....	156
Anexo 8	Ubicación de las codornices.....	156
Anexo 9	Alimentación de las codornices.....	157
Anexo 10	Recolección de los huevos.....	157
Anexo 11	Empaque de huevos.....	158
Anexo 12	Tabla C-9 Propiedades útiles del aire para transferencia de calor por convección	159
Anexo 13	Tabla B-1 Propiedades del vapor saturado (unidades SI).....	160
Anexo 14	Cuadro de lectura de Nusselt.....	161
Anexo 15	Control de calidad de la formulación T1 para codornices de postura	162
Anexo 16	Control de calidad de la formulación T2 para codornices de postura	162
Anexo 17	Control de calidad de la formulación T3 para codornices de postura	162
Anexo 18	Control de calidad de la formulación T4 o balanceado comercial para codornices de postura.....	163

RESUMEN EJECUTIVO

En nuestro país existe un gran desperdicio de cáscaras de huevo, las mismas que podrían ser aprovechadas transformándola en harina y realizar dietas balanceadas para animales debido a su gran contenido de calcio.

Por esta razón esta investigación se dedica a la elaboración de una formulación balanceada para codornices en etapa de postura, la misma que debe cumplir con los parámetros nutricionales que estas aves requieren durante esta etapa.

A nivel de laboratorio se obtuvo la harina a partir de la cáscara de huevo de gallina, aplicando tres temperaturas (60, 65 y 70)°C con diferentes tiempos (30, 40 y 50) min respectivamente. Para determinar el mejor tratamiento se empleó un diseño experimental DBCA obteniendo que al aplicar 65°C x 40 min, se logra tener una harina con bajo contenido de humedad con una media de 0,57%, con un porcentaje de calcio de 64,13% y fósforo 0,15%.

Con esta harina, se formuló tres dietas con diferente porcentaje, el T1 con 2,5%, el T2 con 3% y el T3 con 3,5%, y a la vez se realizó una comparación con T4 o balanceado comercial que fue utilizado el de Avimentos.

Se determinó a nivel de campo, que la mejor formulación fue la T2, es decir la dieta que contiene 3% de harina de cáscara de huevo de gallina ya que con esta dieta se obtuvo mayor cantidad de huevo en comparación con las otras dietas, con un promedio de 246 huevos producidos durante seis semanas de prueba, los mismos que se encuentran en la categoría de óptima calidad con un peso promedio de 11,4gr.

Se realizó un análisis bromatológico a la dieta formulada la misma que presentó una composición promedio de humedad del 11,46%, ceniza 7,92%, grasa 4,98%, proteína

20,01%, fibra 2,65%, elementos no nitrogenados 52,98%, y entre los minerales analizados tenemos 2,58% de calcio y 0,63% de fosforo.

Es necesario no exceder en la alimentación de las aves, se recomienda dar de 20 a 25gr/ave/día, ya que si las aves se engordan demasiado, esto afecta a la postura, y es importante suministrar agua a voluntad, limpia y fresca

SUMMARY

In our country there is a huge waste of egg shells, they could be exploited by transforming it into flour and make balanced diets for animals due to its high calcium content. For this reason this research is devoted to developing a balanced formulation for quail laying stage, it must meet the nutritional paramentaros that these birds require during this time.

A laboratory scale flour was obtained from chicken egg shell, using three different temperatures (60, 65 and 70) ° C with different times (30, 40 and 50) min respectively. To determine the best treatment design was RCBD getting experience that applying 65 ° C x 40 min, is achieved by having a meal with low moisture content with an average of 0.57%, with a percentage of 64.13% and calcium 0.15% phosphorus.

This flour, made three diets with different percentage, with 2.5% T1, T2 with 3% and 3.5% T3, while a comparison was made with T4 or commercial feed was used of Avimentos. It was determined at the field level, the best formulation was the T2, the diet containing 3% of flour chicken egg shell and that this diet was obtained as many eggs as compared to other diets, with an average of 246 eggs produced during six weeks of trial, the same as those found in the category of high quality with an average weight of 11.4gr.

Chemical composition analysis was performed with the formulated diet had the same mean composition of 11.46% moisture, ash 7.92%, 4.98% fat, protein 20.01%, fiber 2.65%, elements 52.98% nitrogen, and we analyzed the minerals calcium 2.58% and 0.63% phosphorus.

You need not extend beyond the feeding of birds, it is recommended that 20 to 25gr/ave/día, because if the birds are too fat, this affects the position, and it is important to provide water will clean and fresh

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Antecedentes Históricos

La historia de la industria del huevo empezó en la India, donde se domesticó por primera vez una especie de gallina silvestre llamada Bankiva. Ya domesticada, fue llevada hacia las poblaciones cercanas en el oriente: Babilonia, Persia y Asiría.

Posteriormente, fueron los egipcios, criadores de patos y gansos mayoritariamente, quienes inventaron el primer sistema de incubación artificial. Curiosamente, las gallinas no fueron introducidas en Europa sino hasta el siglo VI AC.

Desde sus orígenes, la industria del huevo en Europa, estuvo basada casi en su totalidad en el huevo de gallina, aun cuando existían algunas variedades de pato y de codorniz.

Con el paso del tiempo, la producción de huevo de gallina ha evolucionado dramáticamente, en cuanto a los volúmenes de producción y a la tecnología empleada. Las gallinas han ido pasando, de los pequeños corrales donde se encontraban en un estado semi-silvestre, a grandes complejos agroindustriales, con granjas automáticas que pueden albergar hasta 500.000 aves por unidad.

Con el desarrollo de la genética, se ha logrado obtener razas de gallinas de un tamaño menor, capaces de poner una mayor cantidad de huevos. Al mismo tiempo, gracias al desarrollo de la tecnología de la nutrición, se ha mejorado sustancialmente la dieta de las gallinas, para obtener un mayor rendimiento de postura.

Actualmente, la producción de huevo, se ha convertido en una compleja industria que cuenta con diferentes divisiones y áreas de especialización. Las principales áreas son:

- Las incubadoras
- Los constructores de equipo e instalaciones
- Las plantas de alimentos
- La producción del huevo
- Los laboratorios fabricantes de vitaminas, vacunas, etc.
- Los procesadores de huevo

1.1.2. Antecedentes Científicos

Se cree que las gallinas llegaron a Europa a través de las grandes migraciones de los pueblos indoeuropeos hace aproximadamente cuatro mil años.

Existe evidencia de que los egipcios fueron los primeros en occidente que se dedicaron a la avicultura, pasando después al mundo greco-latino. En Grecia Hipócrates habla sobre los animales consumidos en Grecia, donde menciona a los cochinos, bóvidos, perros y ovejas, todos estos consumidos en los sacrificios. En tiempos normales Hipócrates menciona al jabalí, ciervo, erizos, zorros, gallina, tórtola y el pato.

En la baja Edad Media tomaban a las gallinas como carne fina. El pueblo también comía de esta carne. A finales de la Edad Media y en el Renacimiento Europeo las gallinas toman una gran importancia en la alimentación.

Se cree que la gallina fue el primer animal europeo que pisó el continente americano, dado que Cristóbal Colón embarcó gallinas en su segundo viaje. Las razones por las cuales Colón llevó a la gallina en su viaje fueron que ocupaba poco espacio, su alimentación no era complicada y además producía huevos. No obstante, hay antecedentes de que en Chile, antes de la llegada de los europeos, los mapuches criaban una gallina con características especiales, la gallina araucana.

1.1.3. Antecedentes Prácticos

El huevo ha jugado siempre un papel importante en la cultura, tradición y celebraciones de muchos países. Como símbolo de fecundidad, rejuvenecimiento y abundancia, al igual que por su forma, estructura y sabor, el huevo es valorado mundialmente por sus características gastronómicas y artísticas.

“El cascarón del huevo, liviano y fuerte, ha sido motivo de fascinación para muchos científicos,” explica Gideon Zeidler, especialista en ciencias avícolas, con la Extensión Cooperativa de la Universidad de California. “Estas características se han implementado en el diseño y construcción de aeronaves. La manera en que el huevo, crudo o cocido, absorbe colores, sabores y aromas, ha hecho del huevo un apetecido alimento y un objeto de decoración.

1.1.4. Importancia práctica del estudio

La importancia de esta investigación radica en el hecho de que en nuestro país existe un gran desperdicio de cáscaras de huevo, especialmente en las incubadoras de pollo bebe, las mismas que podrían ser aprovechadas para la elaboración de diferentes dietas balanceadas para animales debido a su gran contenido de calcio.

1.1.5. Situación actual del tema de investigación

En la actualidad no existe la industrialización de la cáscara de huevo como fuente de calcio para la elaboración de dietas balanceadas, motivo por el cual se realizó esta investigación, la misma que también permitirá reducir el riesgo de contaminación.

1.2. Limitaciones del estudio

No existen limitaciones debido a que la materia prima se la encuentra como desperdicio en las incubadoras de pollo y se dispone de maquinaria industrial son principalmente un secador y molinos.

1.3. Alcance del trabajo

Esta investigación aporta con la idea de dar un mejor aprovechamiento a las cáscaras de huevo de gallina en la elaboración de una dieta balanceada para codornices de postura, considerando su alto contenido de calcio.

1.4. Objeto del estudio

- Cáscara de huevo de gallina
- Codornices de postura

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Obtener harina a partir de la cáscara de huevo de gallina mediante el estudio de temperatura y tiempo de secado, para la elaboración de balanceado de postura para codornices y mejorar la producción.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar si la temperatura de secado de la cáscara de huevo de gallina influye en la obtención de harina de calidad
- Realizar un análisis bromatológico a la harina obtenida para conocer su composición.
- Realizar una dieta alimenticia según requerimientos nutricionales a base de harina de cáscara de huevo de gallina.
- Determinar la mejor formulación mediante la producción de huevos en codornices.
- Realizar un diseño de equipo para el secado de la cáscara de huevo de gallina

1.6. Justificación del estudio

1.6.1. Impacto Práctico

En nuestro país existe varias empresas incubadoras de pollo bebé, las mismas que no han prestado atención al riesgo de contaminación del que están formando parte al no darle una industrialización a las cáscaras de huevo que desperdician frecuentemente. El presente trabajo tiene la finalidad de crear una alternativa industrial para la cáscara de huevo de gallina, ya que es una gran fuente de calcio. Esto se logrará mediante la obtención de harina a partir de la cáscara de huevo de gallina controlando la temperatura y el tiempo de secado, y que a su vez se utilizará para la elaboración de balanceado de postura para codornices.

1.6.2. Impacto Teórico

Esta investigación se fundamenta en la ciencia de los balanceados, a aplicar un nuevo diagrama de flujo para la obtención de harina a partir de la cáscara de huevo de gallina. Se aportará a la ciencia con conocimientos teóricos y prácticos, lo que conllevará a la elaboración de productos nuevos e innovadores.

1.6.3. Impacto Metodológico

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó diferentes métodos. Entre ellos se menciona el método de flujograma, el cual permitirá llevar a cabo la elaboración etapa por etapa, la metodología de laboratorio, que se basa en las diferentes experimentaciones que se puedan realizar para llegar a obtener un resultado adecuado, la metodología de campo en la cual se probarán los resultados obtenidos en laboratorio y la metodología estadística ya que nos permite cuantificar los resultados obtenidos mediante el análisis. De la correcta aplicación metodológica va a depender los resultados del producto final como es la obtención de harina a partir de huevo de gallina para la elaboración de balanceados de postura para codornices.

1.6.4. Impacto Ambiental y Económico

En nuestro país no existe actualmente la industrialización de la cáscara de huevo de gallina, por lo que constituye un gran reto obtener harina a partir de la cáscara de huevo. En la zona existen varias empresas incubadoras que desperdician la cáscara de huevo sin tomar conciencia que están siendo parte de la contaminación ambiental, esto podría mejorarse mediante la industrialización de la misma. Esto es muy favorable ya que se ayudará a reducir la contaminación a nivel local y nacional, así como también incrementar la rentabilidad económica para las incubadoras.

1.7. Hipótesis

Hipótesis alternativa (Hi)

- La aplicación de diferentes temperaturas y tiempos de secado está influenciando en la obtención de harina de calidad a partir de la cáscara de huevo de gallina.
- Está influenciando los diferentes porcentajes de harina de cáscara de huevo de gallina en la producción en codornices de postura.

Hipótesis nula (H₀)

- La aplicación de diferentes temperaturas y tiempos de secado no está influenciando en la obtención de harina de calidad a partir de la cáscara de huevo de gallina.
- No está influenciando los diferentes porcentajes de harina de cáscara de huevo de gallina en la producción en codornices de postura.

1.7.1 Variables

Variables Independientes

1. HIPOTESIS	2. HIPOTESIS
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura y tiempo de secado 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de harina de cáscara de huevo de gallina

Variables Dependientes

1. HIPOTESIS	2. HIPOTESIS
<ul style="list-style-type: none"> • Contenido en minerales (Ca, P) y humedad de la harina • Porcentaje de rendimiento de la harina 	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de huevos en codornices • Calidad en huevos de codornices

1.8. Población y muestra

Población

- Codornices en etapa de postura

4 Grupos de codornices de postura, cada uno formado por 10 codornices.

3 grupos consumirán las formulaciones elaboradas con la harina obtenida.

1 grupo consumirá la formulación existente en el mercado o formulación comercial.

Muestra

Mediante la aplicación de la fórmula:

$$n = \frac{(N)(Z)^2(S)^2}{(N * e^2) + (Z)^2}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra. (9)

N = Tamaño de la población (40 codornices).

Z = Margen de confiabilidad (95%).

S²= Varianza conservadora (0,5) (0,5) o desviación estándar de la población.

e= Margen de error 5%

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Huevo (Alimento)

Gráfico N°. 01
Cáscaras de huevo de gallina



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Huevo_\(alimento\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Huevo_(alimento))

“Los huevos de las aves constituyen un alimento habitual y básico en la especie humana, se presenta protegido por cáscara y su contenido es proteínas (principalmente en albúmina que es la clara o parte blanca del huevo) y lípidos, de fácil digestión, son el componente principal de múltiples platos dulces y salados, y son un complemento imprescindible en muchos otros debido a sus propiedades aglutinantes.

Los huevos blancos y los "huevos morenos" solo se distinguen por el color de su cáscara, en función de la raza de la gallina que lo ha puesto, ya que su contenido nutricional es el mismo. Los huevos de gallina, pueden ser de variados tamaños; siendo muy pequeños, en aves jóvenes y grandes en aves adultas. La diferencia radica, que al ser más grandes, la

cáscara es más frágil y propensa a romper. Como curiosidad, estos huevos grandes pueden venir con doble yema, debido a una doble ovulación del ave.”¹

Tabla N°. 01

Composición de las partes principales del huevo

Huevo entero	100% (en peso)
Cáscara	10,5%
Yema	31%
Clara	58,5%

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Huevo_\(alimento\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Huevo_(alimento))

Valores aproximados que dependen de la raza y del tipo de ave, así como de la alimentación

2.1.1. Cáscara de huevo

“La cáscara del huevo se compone mayormente de carbonato de calcio. Puede ser de color blanco o castaño claro (marrón), según la variedad de la gallina ponedora. El color de la cáscara no afecta su calidad, sabor, características al cocinar, valor nutricional o grosor. Un huevo medio de gallina suele pesar entre los 60 y 70 gramos. La cáscara es una parte comestible que sólo se ingiere tras un tratamiento químico, por ejemplo las cáscaras de los

¹ [http://es.wikipedia.org/wiki/Huevo_\(alimento\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Huevo_(alimento))

huevos encurtidos suelen poder comerse debido a su acción en un medio ácido (vinagre) que las ha ablandado. La cáscara supone entre un 10% y un 15% del peso total de un huevo.

2.1.2. Características

La estructura material de una cáscara de huevo suele variar según las especies, se puede decir que es una matriz de proteína alineada con cristales minerales, por regla general calcio en compuestos químicos como el carbonato cálcico.

El calcio de los huevos procede de una sedimentación, no existen células en las aves que generen el calcio de la cáscara. Los huevos con cáscara más dura están más mineralizados que los de cáscara más débil o frágil.”²

2.1.2.1. Espesor.

“El promedio de espesor de la cáscara es 0.35 mm. La última capa de la cáscara es gruesa mientras la primera es delgada. Cuando las temperaturas ambientales de la gallina son altas, el grosor de la cáscara disminuye.

² http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1scara_de_huevo

2.1.2.2. Poros.

En la cáscara hay pequeñas aberturas llamadas poros que permiten el intercambio de gases, aproximadamente cada huevo tiene 7500 poros de los cuales la mayoría se hallan en el polo ancho y algunos en el polo fino.

2.1.2.3. Membrana de la cáscara.

Cada huevo tiene dos membranas en la cáscara. Están colocadas adyacentes a cada una y a la cáscara. La membrana interior envuelve la albúmina. En el polo ancho del huevo las membranas están separadas, el interior de una sale hacia fuera para dejar un espacio de aire (cámara de aire).

Esta membrana o cutícula puede ser penetrada por gases, pero funciona como mecanismo de defensa para prevenir la entrada de bacterias.

2.1.2.4. Color del cascaron del huevo.

Los cascarones del huevo son predominantemente blancos o de diferentes tonalidades de color café. Los pigmentos producidos en el útero al momento de la formación del cascaron son responsables del color. Las tonalidades de este son completamente distintivos de cada ave, y de la densidad se deriva el patrón genético del ave. Algunas líneas de aves ponen

huevos con cascaron color café muy obscuro, mientras que otras pueden variar completamente, hasta producir cascarones de color completamente blanco.”³

2.1.3. Composición del Huevo de Gallina

Tabla N°. 02
Composición del huevo de gallina

HUEVOS DE GALLINA (composición por 100 g de porción comestible)				
		HUEVO	YEMA	CLARA
Agua	g	74,5	51,7	88
Energía	kcal	162	353	49,1
Proteínas	g	12,7	16,1	11,1
Carbohidratos	g	0,68	0,3	0,7
Almidón	g	0	0	0
Azúcares sencillos	g	0,68	0,3	0,7
Lípidos	g	12,1	31,9	0,7
AGS	g	3,3	9,5	
AGM	g	4,9	13	
AGP	g	1,8	5,5	
Colesterol	mg	410	1260	0
C 18.1 A. oleico	g	4,4	11,7	
C 18.2 A. linoleico	g	1,6	4,8	
C 18.3 A. linolénico	g	0,098	0,26	
Fibra vegetal	g	0	0	0

³ <http://html.rincondelvago.com/calidad-de-la-cascara-de-huevo.html>

Alcohol	g	0	0	0
Tiamina	mg	0,11	0,29	0,022
Riboflavina	mg	0,37	0,4	0,32
Equivalentes de Niacina	mg	3,3	4,2	3,4
Vitamina B6	mg	0,12	0,3	0,012
Eq. Folato dietético	ug	51,2	159	9,2
Vitamina B12	ug	2,1	2	0,1
Vitamina C	mg	0	0	0,3
Pantoténico	mg	1,8	3,7	0,14
Vitamina A	ug	227	886	0
Retinol	ug	225	881	0
Carotenoides	ug	10	29	0
Vitamina D	ug	1,8	5,6	0
Vitamina E	ug	1,9	5,5	0
Vitamina K	ug	8,9	2	0,01
Calcio	mg	56,2	140	11
Fósforo	mg	216	590	21
Hierro	mg	2,2	7,2	0,2
Iodo	ug	12,7	12	6,8
Cinc	mg	2	3,8	0,02
Magnesio	mg	12,1	16	12
Sodio	mg	144	51	170
Potasio	mg	147	138	154
Manganeso	mg	0,071	0,13	0,04
Cobre	mg	0,065	0,35	0,006
Selenio	ug	10	19	5,4

Fuente: Tablas de composición de alimentos españoles. M^o de Sanidad y Consumo.

<http://www.institutohuevo.com/scripts/composicion.asp>

2.2. Codornices

Gráfico N°. 02

Codorniz (*Coturnix coturnix*)



“La **codorniz** (*Coturnix coturnix*) es una especie de ave galliformes de la familia Phasianidae ampliamente distribuida en la Región Paleártica, este y sur de África. Tiene alas largas y puntiagudas, las cuales usan para migrar de un lugar a otro, lo que las hace unas aves nómadas en su totalidad. Su plumaje es, casi siempre, pardo con franjas ocráceas (la única diferencia entre los dos sexos es que los machos tienen en la garganta un "ancla" de color negro sobre fondo claro que las hembras no poseen). Esto hace que esta ave sea casi imperceptible, pues sus colores se confunden con el suelo. Los machos tienen un canto trisilábico parecido a un "pal-pa-la" y las hembras una especie de pitido.”⁴

2.2.1. Razas y Líneas

Existen en el mundo varias líneas de codornices (conocidas en inglés como "quail"), dentro de las cuales se encuentran las de producción de carne, producción de huevo, doble propósito y ornamentales. Como nuestro propósito es hablar principalmente de las líneas ponedoras de huevos, haremos un pequeño resumen de las otras razas.

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Coturnix_coturnix

Para producción de carne existen hoy varias líneas registradas, las más importantes siendo: la "Bobwhite", la "Texas Quail", la "Giant Brown" y la "Giant White" (Coturnix Coturnix). En un importante esfuerzo genético, los Estados Unidos han logrado desarrollar animales que alcanzan pesos en aves adultas cercanos a los 350 gramos.

En doble propósito existe una línea de codorniz llamada, en Estados Unidos, "Pharaon"; otras líneas de esta categoría son la "Tibetana" y la "Old English", con una buena capacidad de postura de huevos y con un peso importante para comercializar su carne. Es generalmente una codorniz con peso promedio de 180 gramos y un consumo aproximado de alimento de 26 gramos diarios.

Gráfico N°. 03

Codorniz bebé



Las codornices ornamentales son aves muy hermosas pero de poco desarrollo en nuestro país; dentro de las más llamativas se encuentran la "Gambel", la "California Valley", la "Blue Valley" y la "Tennessee Red". Existe otra Codorniz, la "Button" que se caracteriza por su pequeño tamaño.

En relación a las Codornices de Postura, la actividad Coturnicola mas desarrollada en nuestro país, existe a nuestro criterio dos especies, la "Coturnix Japónica" y la "Coreana".⁵

⁵ <http://www.codornizf1.com/>

2.2.2. Líneas de Postura

2.2.2.1. La "Coturnix Japónica"

Gráfico N°. 04



Esta es la codorniz originaria de Asia con mas características de ponedora, con un peso promedio de 128 gramos y cuyo consumo diario de alimento oscila entre los 22 y 25 gramos; su huevo también posee importante peso.

Hoy por hoy es muy difícil encontrar Japónicas puras en el mundo, pues sus diferentes cruces con la "Pharaon" le han restado presencia.

La Codorniz Japónica se puede criar en la mayoría de los pisos térmicos, aunque es menos activa en los climas muy fríos (a partir de los 12 grados centígrados, hasta los 30); en estos climas su postura puede estar dentro de los promedios comerciales a pesar de que el consumo de alimento se podría incrementar.

2.2.2.2. La "Coreana"

Gráfico N°. 05



Esta es una codorniz mucho mas pequeña, con un peso aproximado de 95 gramos, y con un consumo de alimento aproximado de 20 a 23 gramos. Por ser un ave más pequeña, su postura, en la mayoría de los casos, no alcanza el año; por ende no se convierte en una opción importante para el

desarrollo económico de una explotación coturnicola. Su huevo es un poco más pequeño que el de la Japónica.

2.3. Alimentación

Gráfico N°. 06

La alimentación de codornices



“En nuestro país, la mayoría de las empresas productoras de alimento concentrado producen alimento especial para codornices. Todas las presentaciones vienen en bultos de 40 kilos y se consiguen en la mayoría de distribuidores de concentrados en marcas como "Contegral", "Purina", "Raza", "Italcol", "Solla", "Cresta Roja" y muchas mas.

La diferencia está en el nivel de proteína que tiene cada concentrado; este nivel se encuentra en los componentes descritos en las etiquetas de cada marca. Normalmente el porcentaje descrito en la información no corresponde a la realidad del mismo. Siendo la codorniz un ave extraordinariamente sensible a la proteína, la disminución de 1 o 2 puntos en la mezcla afecta notablemente la postura (Proteína = Postura). Como la proteína es costosa, los alimentos balanceados con el más alto número de proteínas necesariamente son los más costosos; por ende, en este negocio se aplica particularmente el conocido decir "lo barato sale caro". Un mejor concentrado, así sea más costoso, conlleva a mejor postura y mayor longevidad, lo que significa más productividad.

Se puede adicionar a la dieta una cantidad diaria de alimento verde (trébol rojo, alfalfa o grama, como también un suplemento de grill (pedrilla molida). Esto, además de ahorrar un poco de dinero, permite al ave acercarse más a su alimentación natural y por lógica a una alimentación más saludable.

El agua que beben las aves, debe ser totalmente limpia y no guardar residuos de comida. Aconsejamos los bebederos de "Nipple", en una proporción de 1 bebedero por 10 aves; esto aligera el trabajo y permite un nivel de salubridad importante. En caso de tener bebederos de copa o de tubo, la limpieza y el recambio de agua deben hacerse mínimo una vez al día.

La codorniz no necesita vitaminas ni suplementos. Por ser un ave de un costo relativamente bajo, no se justifica invertir dinero en estos, pues la mejoría es tan baja que es muy difícil encontrar el retorno. Mientras las aves mantengan un régimen alimenticio constante, sin faltarles agua ni comida, y siendo aves de buena genética, seguramente el rendimiento económico será importante. La falta de agua o dar agua tibia es catastrófico para las aves, y después de suceder esto, nunca recuperara la postura. En caso de faltar el alimento por unas horas, la postura se reducirá notoriamente y, aunque se recuperara, no volverá a llegar al pico más alto.”⁶

2.4. Requerimiento nutricional de la codorniz japónica

Tabla N°.0 3

Requerimiento nutricional de la Codorniz Japónica

PARAMETRO	INICIACION	ETAPA PRODUCCION ENGORDE	PRODUCCION
Energía metabolizable	2,82 cal/Kg	2,82 cal/Kg	2,82 cal/Kg
Proteína bruta (%)	24 a 28,1	24	24
Grasa (%)	3,4	3,2	3,2
Celulosa (%)	4,1	4,1	3,5
Fósforo	0,67	0,5	0,44
Calcio	1,26	1,03	2,45

Fuente: National Research Council - National Academy of Sciences (1977).

Nutrient Requirements of Domestic Animals.

Nutrient Requirements of Poultry 6th nrs. - nas, Washington, dc.

⁶ <http://www.codornizf1.com/>

2.5. Productos del suplemento alimenticio

2.5.1. Maíz

Actualmente el maíz es uno de los productos agrícolas más importantes y sus productos y derivados están relacionados directamente con la producción de una gran cantidad de productos como: alimento para ganado, papel, refrescos, caramelos, tintas, pegamentos, plástico biodegradable, productos de panificación, productos lácteos, salsas, sopas, pinturas, helados, alcohol, aceite comestible, cosméticos, sabores, y una lista casi interminable de productos.

El maíz es el grano de cereal más común, se utiliza como fuente de energía en la alimentación de los cerdos, pero es relativamente pobre en proteínas.

El maíz puede ser utilizado con éxito como única fuente de energía, pero no como única fuente de alimentación, ya que su contenido proteico es relativamente bajo y pobre en aminoácidos. El contenido mineral del maíz es también relativamente pobre, especialmente el calcio.⁷

Tabla N°. 04							
COMPOSICION QUIMICA DEL MAIZ MOLIDO							
HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N.	Ca	P
%	%	%	%	%	%	%	%
13,26	1,33	3,38	8,8	2,96	83,54	0,03	0,25

Fuente: Laboratorio I.N.I.A.P., Murillo, Gina/2010

⁷ http://www.imsa.com.mx/historia_maiz2.htm

2.5.2. Aceite de palma

El aceite de palma es un aceite de origen vegetal que se obtiene del mesocarpio de la fruta de la palma *Elaeis guineensis*. Es el tipo de aceite con más volumen de producción, sólo superado por el aceite de soja. El fruto de la palma es ligeramente rojo, al igual que el aceite embotellado sin refinar. El aceite crudo de palma es una rica fuente de vitamina A y de vitamina E.

La palma es originaria de África occidental, de ella ya se obtenía aceite hace 5.000 años, especialmente en la Guinea Occidental de donde pasó a América, introducida después de los viajes de Colón, y en épocas más recientes fue introducida a Asia desde América. El cultivo en Malasia es de gran importancia económica, provee la mayor cantidad de aceite de palma y sus derivados a nivel mundial. En América, los mayores productores son Colombia y Ecuador.

Tabla N°. 05			
COMPOSICION QUIMICA DEL ACEITE DE PALMA			
HUMEDAD	CENIZA	GRASA	MATERIA ORGANICA
%	%	%	%
0,1	0,1	99,5	0,1

Fuente: Análisis Balanceados Champeon

Se usa como materia prima en la producción de biodiésel. También es usado en producción de piensos para la alimentación animal, sobre todo de terneros, por su alto aporte energético por ración. En la industria cosmética es utilizado para la elaboración de jabones.

El aceite de palma es saturado hasta en un 50%, su composición en promedio es:

- 40-48% ácidos grasos saturados (principalmente palmítico)

- 37-46% ácidos grasos monoinstaurados (principalmente oleico)
- 10% ácidos grasos poliinsaturados.

El aceite de palma tal como se extrae contiene alrededor del 3,5% de lípidos polares, fosfolípidos y glicolípidos, siendo el resto triglicéridos. Los ácidos grasos fundamentales el palmítico y el oléico, predominando uno u otro según la especie, variedad y condiciones de cultivo. El aceite de palma se refina para eliminar el color, y generalmente se fracciona, para obtener separadamente una grasa que es sólida a temperatura ambiente y otra que es líquida.⁸

2.5.3. Pasta de soya

La harina de soya es de excelente calidad y superior a otros complementos proteicos de origen vegetal. La soya es un residuo que queda después de la extracción del aceite de las semillas oleaginosas, ya sea por medio de presión mecánica o por solvente. Su contenido proteico varía de 41-50%. Se presenta como una excelente y económica fuente de proteína vegetal, ello debido a su equilibrada composición amionoácídica como también en un bajo costo de unidad proteica, su sabor característico, típico de una proteína vegetal. Se puede alimentar sin restricción con harina de soya, ya que esta reemplaza perfectamente hasta en un 100% las proteínas suplementarias.⁹

Tabla N°. 06							
COMPOSICION QUIMICA DE LA PASTA DE SOYA							
HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N.	Ca	P
%	%	%	%	%	%	%	%
11,74	7,37	3,17	52,72	5,30	31,43	0,89	0,83

Fuente: Laboratorio I.N.I.A.P., Murillo, Gina/2010

⁸ <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/vegcomunes.html>

⁹ <http://www.traders-services.cl/soya.html>

2.5.4. Harina de cáscara de huevo de gallina

La harina de la cáscara de huevo no es más que proteína alineada con cristales minerales, por regla general calcio en compuestos químicos como el carbonato cálcico. El calcio de los huevos procede de una sedimentación, no existen células en las aves que generen el calcio de la cáscara.¹⁰

Tabla N°. 07							
COMPOSICION QUIMICA DE LA HARINA DE CASCARA DE HUEVO DE GALLINA							
HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N.	Ca	P
%	%	%	%	%	%	%	%
0,96	87,34	1,6	3,49	2,01	5,56	64	0,15

Fuente: Laboratorio I.N.I.A.P., Murillo, Gina/2010

2.6. Propiedades del huevo de codorniz

Gráfico N°. 07
Huevos de codorniz



Fuente: <http://www.google.com/imgres?imgurl>

“El huevo de codorniz, lo mismo que el de otras aves, ofrece en su interior todos los elementos precisos para la formación del nuevo ser, sustancias de fácil asimilación y de gran interés en nutrición humana y animal. Los componentes principales del huevo son : agua, nitrógeno, carbono, calcio, fósforo, azufre, potasio, manganeso, hierro, grasas, azúcares, etc. así como vitaminas en cantidades muy apreciables.”¹¹

¹⁰ http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1scara_de_huevo

¹¹ <http://codornicesdeantioquia.com/propiedades-del-huevo-de-codorniz.php>

2.6.1. Composición del huevo de codorniz

TABLA N.º 08 COMPOSICION DEL HUEVO DE CODORNIZ					
Aporte por 100 gramos de porción comestible					
Aporte por ración		Minerales		Vitaminas	
Energía [Kcal]	155	Calcio [mg]	64	Vit. B1 Tiamina [mg]	0,43
Proteína [g]	13,05	Hierro [mg]	3,65	Vit. B2 Riboflavina [mg]	0,79
Hidratos carbono [g]	0,41	Yodo [mg]	13	Eq. niacina [mg]	3,53
Fibra [g]	0	Magnesio [mg]	13	Vit. B6 Piridoxina [mg]	0,15
Grasa total [g]	11,2	Zinc [mg]	1,47	Ac. Fólico [µg]	66
AGS [g]	3,07	Selenio [µg]	32	Vit. B12 Cianocobalamina [µg]	1,58
AGM [g]	4,9	Sodio [mg]	141	Vit. C Ac. ascórbico [mg]	0
AGP [g]	1,27	Potasio [mg]	132	Retinol [µg]	90
AGP /AGS	0,41	Fósforo [mg]	0	Carotenoides (Eq. β carotenos)	0
(AGP + AGM) / AGS	2,01			Vit. A Eq. Retinol [µg]	90
Colesterol [mg]	844			Vit. D [µg]	5,07
Alcohol [g]	0				
Agua [g]	75,3				
Ácidos grasos					
Mirístico C14:0 [g]	0,05	Palmitoleico C16:1 [g]	0,47	Araquidónico C20:4 [g]	0,13
Palmitico C16:0 [g]	2,13	Oleico C18:1 [g]	4,38	Eicosapentaenoico C20:5 [g]	0
Estearico C18:0 [g]	0,86	Linoleico C18:2 [g]	0,96	Docosapentaenoico C22:5 [g]	0
Omega 3 [g]	0,16	Linoléico C18:3 [g]	0,06	Docosaheptaenoico C22:6 [g]	0,11
Ac. Grasos cis	0	Omega 6 [g]	1,11	Omega 3/ Omega 6	0,14
AGP cis	1,26	Ac. Grasos trans	0,02	AGM cis	4,89
		AGM trans	0,01	AGP trans	0,01
Aminoácidos					
Alanina [mg]	739	Glicina [mg]	421	Prolina [mg]	502
Arginina [mg]	810	Histidina [mg]	305	Serina [mg]	962
Ac. aspártico [mg]	1.255,00	Isoleucina [mg]	791	Tirosina [mg]	526
Ac. glutámico [mg]	1.612,00	Leucina [mg]	1.111,00	Treonina [mg]	621
Cistina [mg]	301	Lisina [mg]	854	Triptófano [mg]	203
Fenilalanina [mg]	714	Metionina [mg]	408	Valina [mg]	911
		Hidroxiprolina [mg]	0		

Fuente: Directorio de composición nutricional de los alimentos

<http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/huevos-y-derivados/huevos/huevo-de-codorniz.html>

2.7. Instalaciones

“Para la producción de huevos de codorniz, de manera comercial, las codornices necesariamente se deben instalar en galpones cerrados y jaulas metálicas.”¹²

2.7.1. Galpones

Gráfico N°. 8

Galpones



Los galpones para codornices se deben construir teniendo en cuenta la temperatura de la zona donde se van a instalar. Preferiblemente deben tener las siguientes características:

- Deben tener un muro de aproximadamente 80 centímetros desde el piso y el mismo debe ser de concreto (preferiblemente pulido liso), con varios desagües que faciliten la limpieza.
- El piso debe tener un leve desnivel, que permita que la codornaza escurra a un "Bio-digestor" o a un lago con peces.
- El techo debe estar a una altura mínima de 2.5 metros y con tejas en preferencia térmicas (que den calor en climas fríos y no calienten a altas temperaturas).

¹² <http://www.codornizfl.com/>

- La malla que los rodee debe ser de un diámetro que no permita el ingreso de moscas o alimañas al galpón; en preferencia deben ser plásticas ya que, aunque un poco más costosas, son más durables.
- Deben tener cortinas que impidan que las corrientes de aire toquen directamente a las aves dentro del galpón.
- En climas muy calientes los galpones deben contar con extractores de aire; en climas muy fríos con lámparas o criadoras de gas.
- El galpón debe tener lámparas de luz blanca que permitan iluminar el mismo de manera total hasta 3 horas después oscurecer el día.
- El área del mismo debe ser lo suficientemente grande para soportar la clase de jaula que se use y la cantidad de las mismas, añadiendo un área de movimiento para el personal, mínimo de 1 metro, alrededor de las jaulas.

2.7.2. Jaulas

Existen dos clases de jaulas que permiten la explotación coturnicola de postura y la escogencia depende de la cantidad de espacio que se posea:

2.7.2.1. La Jaula Piramidal: Este tipo de jaula tiene unas medidas de 2 por 1 metro, y se compone de 6 módulos colocados en forma piramidal (3 de cada lado).

Gráfico N°. 09



Cada módulo tiene 3 jaulas con capacidad de 10 codornices cada una. En total una jaula piramidal tiene una capacidad entre 180 y 200 aves, dependiendo este número de la temperatura que halla en el lugar. Este sistema, aunque ocupa más espacio, tiene ventajas sobre el Vertical, ya que permite una mayor circulación de aire y más luminosidad. Al caer la "codornaza", o excremento de codorniz, directamente al piso, su limpieza y labor es mucho más fácil.

2.7.2.2. La Jaula Vertical: Esta jaula tiene una medida de 1 x 1 metro y se compone de 5 o 6 módulos que pueden albergar cada uno entre 150 y 180 aves.

Gráfico N°. 10

Jaula vertical



Este tipo de jaulas ocupa mucho menos espacio pero tiene como desventaja que en los módulos inferiores la luminosidad es menor y las aves que se encuentran allí están más expuestas al monóxido producido por ellas mismas y sus heces, por lo que estos módulos tienden a ofrecer menor promedio de postura; además es mucho mas dispendioso el manejo de la codornaza.

2.7.3. Bebederos

Aunque existen varios tipos de bebederos, solo recomendamos los bebederos automáticos de "Nipple" o "chupos". Su costo es relativamente bajo, se producen en nuestro país y su libre mantenimiento permite más salubridad y agilidad en la operación Coturnicola.

Gráfico N°. 11
Bebedero de nipple o chupos



2.8. Comercialización

2.8.1. Comercialización del huevo

Gráfico N°. 12

Comercialización del huevo

de codorniz



Fuente: <http://www.google.com/imgres?imgurl>

“Está destinada al abastecimiento directo de poblaciones, hipermercados, supermercados, restaurantes, etc. el huevo se suministra por unidades (12 – 20 - 24).

Se puede considerar la óptima calidad de estos cuyo peso es superior a los 11gr., por debajo de esta categoría pueden establecerse otras dos, que corresponden pesos de 9 a 11 gr. (de calidad corriente) y, por debajo de 9gr. de categoría inferior. Pero en nuestro país se trabaja bajo una misma calidad.

Conviene tener en cuenta que los huevos de codorniz resisten mucho más tiempo a la conservación natural y a la contaminación a través del ambiente, gracias al particular desarrollo de las membranas testáceas, lo cual explica asimismo la resistencia a la rotura de la cáscara.

2.8.2. Comercialización de la carne

En nuestro país, la carne de codorniz, no se ha explotado a nivel industrial como en los países Europeos tales como Francia y España. Al igual que en los Estados Unidos en donde la carne de codorniz tiene una mayor aceptación en el mercado que cualquier otro tipo de carne. Sin embargo la carne de codorniz es utilizada a nivel gastronómico en algunos restaurantes, ya que está puede ser preparada de diversas formas.

El peso de la canal eviscerada y desplumada generalmente representa el 75 a 78% del peso ave íntegra (150 gramos en promedio); de ahí que se considera como la unidad mínima de consumo de cualquier tipo, la cantidad de dos codornices por persona.”¹³

¹³ <http://codornicesdeantioquia.com/comercializacion-de-los-huevos-de-codorniz.php>

Tabla N°. 09	
ANALISIS NUTRICIONAL DE LA CARNE DE CODORNIZ	
PROTEINA	28%
GRASA	0,22%
FIBRA	2,66%
CENIZA	0,61%
CALCIO	0,72%
FOSFORO	0,61%
METHIONINA	0,01%
LISINA	0,02%

FUENTE: Información Guía de Codornices y Huevos de Codorniz
http://www.ciemcolombia.com.co/carne_codorniz.html

2.8.3. Comercialización de la codornaza

Este es uno de los subproductos más importantes que se obtienen de la codorniz como resultado de las heces producidas por éstas; la codornaza es recogida de la explotación con un alto porcentaje de humedad, por tal motivo debe ser llevada a un invernadero para ser mezclada con algunos aditivos que le dan mayor consistencia, para luego ser vendida como abono, teniendo este una gran aceptación en el mercado para ser utilizada como tal en los diversos cultivos de nuestro trópico.

2.9. Procesos para la elaboración de harina

2.9.1. Secado

El secado consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de material sólido con el fin de reducir el contenido residual hasta un valor aceptablemente bajo. El secado es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones y con frecuencia, el producto se extrae de un secador para el empaclado.

El secado es considerado uno de los procesos más importantes porque al eliminar el agua de un producto se está garantizando su conservación y alargando su vida útil. El secado constituye una etapa fundamental en la elaboración de la harina de lombriz ya que se requiere de temperatura y tiempos óptimos para el mayor aprovechamiento de la proteína.

2.9.2. Tipos de secadores

2.9.2.1. Secador de dos plantas: Este tipo de secador tiene una fuente de calor en la parte inferior y el aire caliente asciende por convección natural o forzada. En la parte superior se encuentran ubicadas las bandejas con el producto húmedo el cual debe estar distribuido uniformemente. El aire caliente es eliminado por medio de una chimenea que se encuentra en el techo del secador. En este tipo de secador es necesario realizar volteo del producto para lograr un secado uniforme.

2.9.2.2. Secador de cabina, bandejas o compartimientos: Consiste en una cabina aislada provista de un ventilador para circular aire a través de un calentador; el aire caliente sale por una rejilla de láminas ajustables y es dirigido, bien, horizontalmente entre las bandejas perforadas y el producto. Puede disponer de reguladores para controlar la velocidad de aire y la cantidad de aire de circulación.

Los calentadores de aire pueden ser quemadores directos de gas, serpentines calentados por vapor o en los modelos más pequeños, calentadores de resistencia eléctrica. Utiliza velocidades de aire para los de flujo transversal de 2 a 5 m/seg., y en los flujos ascendentes de 0.5 a 1.25 m³/seg./m² de bandeja. Este tipo de secador no requiere de continuo mantenimiento y es económico.

2.9.2.3. Secador de túnel: Consiste en un túnel con una longitud de 20 metros o mas el cual permite secar en forma semi continua una gran cantidad de producto. El producto se extiende en capas uniformes sobre bandejas. Las bandejas se apilan sobre carros o vagonetas dejando espacios entre las bandejas para que pase el aire de desecación. Las vagonetas se introducen en el túnel de desecación. A medida que se introduce una carretilla por el extremo “húmedo” del túnel se retira otra carretilla de producto seco por el “extremo seco”

El aire se mueve mediante ventiladores que los hacen pasar a través de calentadores y luego fluye horizontalmente entre las bandejas. Se emplean velocidades de aire de 2.5 a 6.0 m/s.

2.9.2.4. Secador de tambor: Este tipo de secador utiliza transferencia de calor por conducción. El vapor es condensado dentro de un tambor lo cual constituye una fuente de calor. A medida que gira, se adhiere una delgada capa del producto sobre el tambor. La velocidad de rotación del tambor se ajusta para obtener el contenido de secado de humedad en el producto que una vez secado es raspado para desprender del tambor por medio de una cuchilla.

2.9.3. Molienda

Es la reducción por medios mecánicos del tamaño de las partículas de un ingrediente o de una mezcla de éstos. La molienda es un paso importante ya que de esta depende la homogeneidad de la mezcla y del producto final y constituye alrededor del 50 – 60 % de los

costos de manufactura. El tamaño de las partículas también influye en la composición durante la peletización ya que si estas son de menor tamaño de los ingredientes se enlazarán mejor y formaran una estructura sólida y resistente al agua.

Las harinas de pescado, carne y hueso, soya, etc. constituyen el mayor porcentaje en la dieta alimenticia (25 – 65%) y contienen un alto porcentaje de aceite, el cual no debe estar en un porcentaje mayor al 6% ya que puede topar las mallas de los orificios del molino, por lo que es necesario mezclar éstos ingredientes con un cereal para reducir el nivel de grasa.

2.9.4. Clasificación de los molinos

2.9.4.1. Molinos de martillos: Este tipo de molino se basa en un sistema de machacado a mano. Los molinos de martillos están compuestos de un juego de martillos fijos u oscilantes montado sobre un eje rotatorio y rodeado de un tambor metálico perforado. El producto se introduce en el recorrido de los martillos rotatorios a través de una ranura de tambor y el material molido sale por los orificios del tambor.

2.9.4.2. Molinos de placas: Consiste en dos placas circulares de hierro colocado con estrías superficiales, montadas sobre un mismo eje horizontal, de forma que las placas se mantienen en posición vertical.

Una de las placas es fija y está sujeta al cuerpo del molino. La otra se encuentra montada en el eje del motor. El producto a moler se introduce por el centro de la placa fija y se va triturando conforme pasa entre las dos placas.

2.9.4.3. Molino de rodillos: Es un modelo más sofisticado y se usa para producir harina fina, por lo general de trigo, maíz, sorgo, etc. los rodillos tienen en su superficie estrías y giran en sentido opuesto y a distintas velocidades. La separación entre rodillos puede ser

regulada. La molienda en este molino consiste en hacer pasar las distintas partes del producto, ya sea este germen o salvado.

2.9.5. Mezclado

El mezclado se realiza para crear una estructura homogénea y cada parte de esta debe tener la misma composición nutricional dependiendo la especie para la que fue elaborada. El mezclado constituye uno de los procesos más relevantes. Al combinar distintos ingredientes se está dando un valor agregado del producto. El producto debe conocer el proceso de mezclado con total claridad y tener noción de los tipos de mezcladores que existen en el mercado, para elegir el mejor y optimizar el proceso de elaboración. El tiempo de mezclado debe ser exacto, si se realiza un mezclado por un largo período puede ocasionar que el tamaño de la fibra se disminuya y si es muy corto la composición de la dieta no será uniforme. En sí, el tiempo varía entre 3 y 5 minutos.

Existen tres propiedades importantes que debe tener los ingredientes de una mezcla: *El tamaño de las partículas*: entre más pequeñas sean, mayor homogeneidad de la mezcla, *la higroscopicidad*: si un ingrediente es muy higroscópico, absorbe agua del medio y esto afecta en el mezclado ya que forma grumos. *La densidad*: si es muy alta, las partículas pueden ir al fondo de la mezcladora.

El orden o la secuencia en que son agregados los ingredientes resulta ser un punto crítico en la elaboración del alimento balanceado. Se debe adicionar primeramente los ingredientes de mayor cantidad y luego los de menor cantidad o ingredientes menores como: aglutinantes, carbonatos, premezclas vitamínicas, etc. Se adicionan al final para evitar que se acumulen en el fondo de la mezcladora.”¹⁴

¹⁴ Garófalo, J Ana. 2008, en obtención de harinas de plátano (*Musa paradisiaca*), palmito (*Serenoa serrulata*) y yuca (*Manihot sculenta crantz*) para elaborar dietas alimentarias en engorde de pollos criollos mejorados en Santo Domingo de los Colorados, 2007

2.9.6. Tipos de mezcladores

“Para diseñar un mezclador hay que tomar en cuenta no sólo el elemento mezclador sino también la forma del recipiente. Además del costo adicional que exige, la capacidad más grande del mezclador es insignificante comparado con el costo de la instalación que interviene en el proceso. La operación de mezclar implica una gran variedad de maquinaria, por lo que se sólo se detallará la clasificación de mezcla de sólidos con sólidos.”¹⁵

Clasificación de Mezcladores	{	A. Mezcladores de flujo o de corriente
		B. De paletas o brazos
		C. De hélice o helicoidales
		D. Turbinas o impulsores centrífugos
		E. Tipos diversos

La clase de mezclador que se apega a nuestra característica de mezclado es el tipo C, ya que los demás son más utilizados para líquidos, plásticos o gases.

2.9.6.1. Mezcladores de Hélice y Helicoidales

Estos proporcionan un medio poco costoso, sencillo y compacto para mezclar materiales. Su acción mezcladora consiste en que sus aletas helicoidales al girar empujan constantemente hacia delante el producto. A continuación se detalla los mezcladores que se encuentran dentro de este tipo:

¹⁵ Manual del Ingeniero Químico, Tomo II

**Mezcladores
de hélice**

- a. Hélice como dispositivo para mezclar gases
- b. Hélice con eje vertical
- c. Hélice descentrada y con eje inclinado por arriba
- d. Hélice al costado del recipiente
- e. Hélice en un tubo de aspiración
- f. Amasadero de arcilla
- g. Mezcladora de jabón
- h. Mezclador de cinta

Las hélices son más eficaces con los líquidos cuya viscosidad aparente no sea superior a 2000 centipoises, aunque pueden utilizarse hasta de 400 centipoises. Con los sólidos hay dificultades para impedir la sedimentación, ya que es prácticamente dirigir la corriente producida por la hélice a todas las partes del tanque. Por lo que de esta clasificación los mezcladores que se apegan a nuestras necesidades son:

2.9.6.2. Mezclador de cinta

Es de doble helicoidal, esta máquina es satisfactoria para mezclar polvos, harinas que fermentan por sí solas, talco, levaduras, etc. Funcionan a velocidades moderadas y para trabajo discontinuo por cargas. Su funcionamiento consiste en varias paletas verticales y dos cintas helicoidales, levógiras y dextrógiras, de modo que el material es empujado hacia atrás y hacia delante de un extremo al otro del recipiente, al mismo tiempo que se mueve verticalmente.

2.9.7. Proceso de elaboración de balanceados

El proceso no es homogéneo, ya que depende de varios factores para su producción, como pueden ser las sustancias nutritivas, el grado de digestibilidad, de la preparación, de la

especie (ganado vacuno, equino, porcino, caprino, ovino y aves) y de la función que va a cumplir cada especie.¹⁶

Las escalas de producción que se pueden lograr son:

Tabla N°.10
Escala de producción de balanceados

Microempresa/artesanal:	Hasta 500 toneladas/mensuales.
Pequeña empresa:	De 500 a 900 toneladas/mensuales
Mediana empresa:	De 900 a 2,400 toneladas/mensuales
Gran empresa:	Más de 2 400/mensuales

En cuanto al grado de actualización tecnológica se destaca lo siguiente:

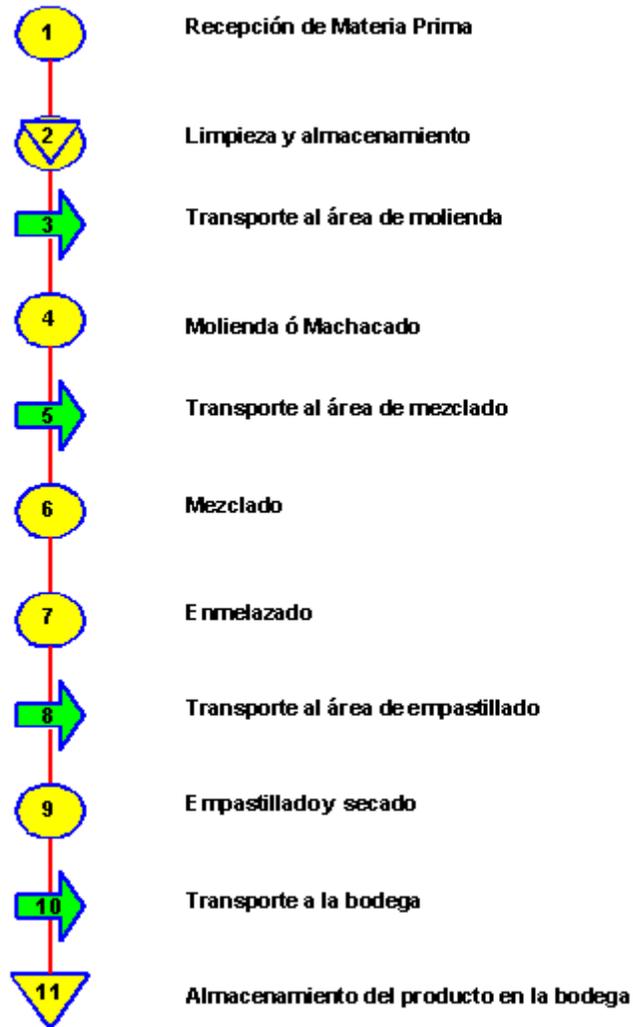
- **Microempresa/artesanal:** No ha mostrado modificaciones pues su proceso (cortar, secar al sol y compactar) continúa siendo artesanal y la duración del proceso productivo no ha variado.

Por lo mismo que es muy casero el control de nutrientes es limitado.

- **Pequeña empresa:** Se muestran innovaciones que han permitido aumentar los volúmenes de producción, estandarizando niveles de calidad y reduciendo costos de operación.

¹⁶ <http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=14&guia=1&giro=1&ins=5>

2.9.7.1. Flujo del proceso de producción en una escala de micro empresa/artesanal



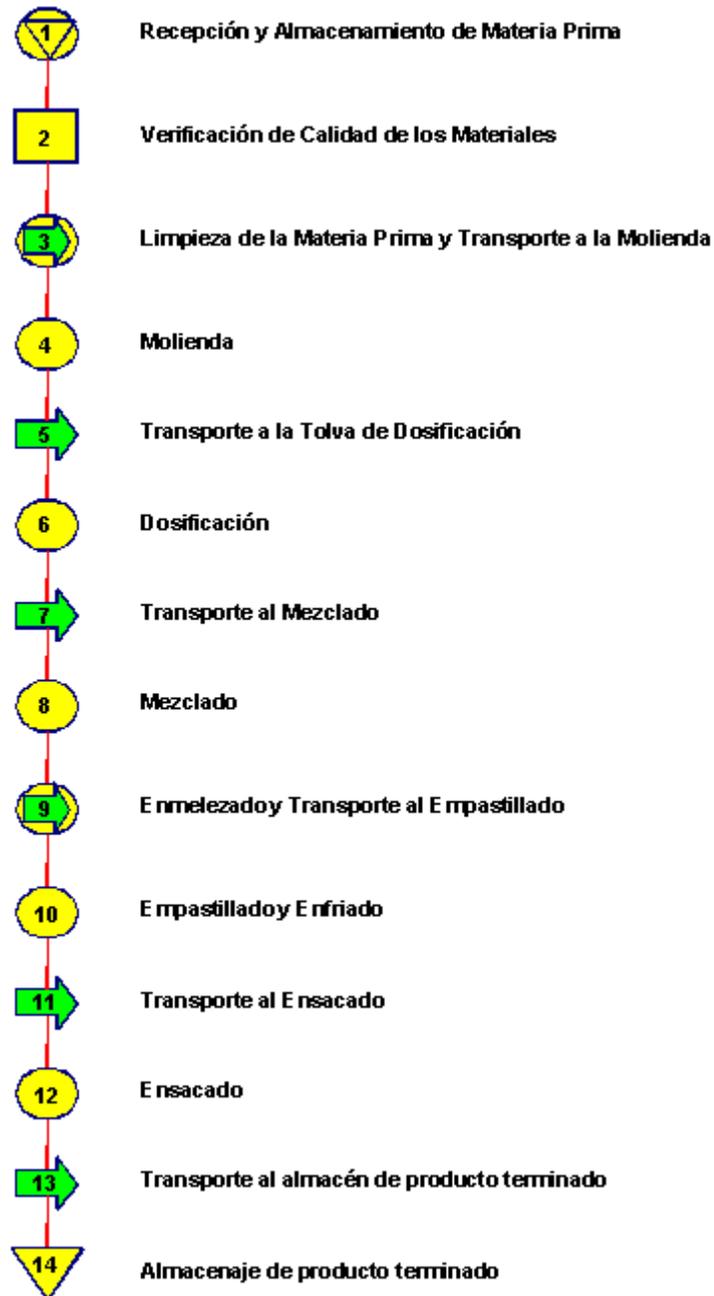
A continuación se presenta una explicación del proceso productivo a nivel microempresa/artesanal:

1. Recepción y almacenamiento de la materia prima

2. Limpieza y almacenamiento La limpieza se realiza a mano por una serie de trabajadores, una vez limpia la materia prima es almacenada.

- 3. Transporte a la molienda** Los granos son transportados al área de molienda.
- 4. Molienda o machacado** Los granos son triturados por medio de un molino, para que éstos se puedan mezclar con la materia prima restante.
- 5. Transporte al área de mezclado** Tanto los granos ya molidos como la materia prima restante se transportan al área de mezclado mediante una banda transportadora.
- 6. Mezclado** En una mezcladora de sólidos, se introducen las materias primas (granos, harinas y pulpa seca) para ser mezclados.
- 7. Enmelazadora** En el mismo recipiente se agrega la melaza y se mezcla con el producto anterior.
- 8. Transporte al empastillado** Se traslada la mezcla a la empastilladora por medio de la banda.
- 9. Empastillado y ensacado** El producto se "empaqueta" mediante una máquina empastilladora, colocando (inmediatamente a la salida de la máquina) las pastillas (cilindros de alimento formados mediante la máquina empastilladora) en sacos para su mejor maniobrabilidad.
- 10. Transporte de los sacos a la bodega**
- 11. Almacenamiento** Se almacenan los sacos con el producto terminado, y están listos para su venta.

2.9.7.2. Flujo del proceso de producción en una escala de pequeña empresa:



Explicación por etapa del flujo del proceso de producción en un nivel de pequeña empresa:

1. Recepción y almacenamiento La recepción de la materia prima (harinas, granos, pulpas secas, melazas, calcio y fósforos) se realiza en los patios de descarga, los que deben de contar con una báscula para camiones.

Durante la descarga de los productos que vienen a granel se colocarán mallas para evitar el paso de impurezas que puedan dañar el equipo de molienda. El material que viene en costales se estibarán en plataformas de madera y por medio de montacargas se trasladarán al almacén de materias primas.

La zona de almacenamiento deberá estar debidamente cubierta para evitar la humedad excesiva en las materias primas.

2. Verificación El departamento de control de calidad tomará muestras de la materia prima para verificar la calidad de ésta.

Las pruebas que se realizan a las materias primas son para comprobar el porcentaje de proteína cruda digerible, total de nutrientes, calcio, fósforo, grasa y fibra que contengan.

3. Limpieza y transporte a la molienda Además de la colocación de mallas (mencionadas en el punto 1), durante la recepción de la materia prima a granel, también se realiza una limpieza instalando trampas magnéticas en los transportadores helicoidales, que son alimentados con la materia prima y la llevan a una tolva de alimentación del molino y las tolvas de dosificación respectivamente.

Nota: Las actividades no se pueden separar, ya que al tiempo en que los granos son llevados al molino, las trampas magnéticas los limpian.

4. Molienda Las materias primas que pasan al proceso de molienda son descargadas por el transportador helicoidal en el elevador de congilones, el cual a su vez descarga en la tolva de alimentación del molino. La molienda se llevará a cabo en circuito cerrado, el cual es un método de trituración en el que el material descargado de un molino, parcialmente acabado, es separado por medio de un clasificador en dos partes: en producto totalmente acabado y en producto no totalmente molido, éste último se devuelve al molino para una molienda adicional.

El molino contará con tamices del número 100 para que sean fácil de consumir por el ganado.

5. Transporte de la materia prima molida a las tolvas de dosificación Este proceso se realiza mediante transportadoras que descargan en unos conos distribuidores.

6. Dosificación Se lleva a cabo mediante las tolvas dosificadoras. Las materias primas antes de llegar a estas tolvas son descargadas en los conos distribuidores, de los cuales cada materia prima es enviada a su tolva correspondiente y de ahí es clasificada a una tolva báscula.

7. Transporte del producto al área de mezclado Mediante la gravedad la materia prima baja de las tolvas abriendo unas compuertas para caer en la mezcladora.

8. Mezcladora La obtención de un alimento balanceado totalmente homogéneo en sus características, depende en gran parte de llevar a cabo una buena mezcla. Se requiere un tiempo de al menos de 7 minutos para un lote de 2 toneladas, para que el producto quede totalmente mezclado. Después de esto la mezcla se descarga en una tolva de retención de la cual alimentará a la enmelazadora de paso.

9. Enmelazadora En la enmelazadora de paso se agrega la melaza a la mezcla. Este proceso se realiza mientras el producto se traslada a la empastilladora. En este proceso se

lleva a cabo otra dosificación, ya que la melaza se debe de agregar dentro de los rangos establecidos, para darle palatabilidad al alimento balanceado.

10. Empastillado y enfriado En esta etapa, el objeto es darle al producto la forma y tamaño más conveniente para que sea ingerido por el animal. La mezcla enmelazada con aumento en la humedad (proporcionada por una inyección de vapor) de aproximadamente un 15%; es forzada a pasar a través de una placa con orificios de donde sale en forma cilíndrica y es cortada por medio de unas cuchillas. Debido a la fricción producida por la acción mecánica y a la inyección de vapor, el producto sale con una temperatura mayor que la que tiene a la entrada.

La máquina empastilladora viene integrada con un enfriador a la salida, para eliminar el exceso de vapor de humedad y para bajar la temperatura del producto.

11. Transporte al ensacado Este proceso es mediante una banda transportadora.

12. Ensacado El alimento balanceado será puesto en sacos de 40 kilos y para estos se contará con una báscula ensacadora, la cual tiene acondicionada una tolva de alimentación de donde el producto se descarga por gravedad y tiene un alimentador de compuerta rotatoria de paletas, para evitar una alimentación deficiente a la ensacadora. El tener en sacos el producto facilitará su maniobrabilidad y su control en el almacén.

13. Transporte al almacén del producto terminado Esto se realiza con ayuda de montacargas.

14. Almacén del producto terminado El producto es almacenado y está listo para su distribución y venta.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Aspectos metodológicos del estudio

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, el mismo que se llevó a cabo mediante dos etapas: la primera es la etapa de laboratorio, realizada en la UTE ubicada en la vía Chone Km 4 ½ y la segunda etapa a nivel de campo, en la Granja María Elena ubicada en el Km 1 ½ vía El Bua Los Colorados

3.1.2. Diseño o tipo de investigación

3.1.2.1. Descriptivo

Mediante este método, se describió los procesos a seguir para la obtención de harina a partir de la cáscara de huevo de gallina, la misma que se utilizó para la elaboración de balanceado de postura de calidad y que cumpla con los requerimientos nutricionales de las codornices así como la calidad de insumos que van a formar parte de este alimento.

3.1.2.2. Experimental

Se trabajó con dos hipótesis, una a nivel de laboratorio y otra a nivel de campo, en la primera se analizó dos parámetros que son: temperatura y tiempo de secado que ayudarán a determinar la calidad de harina de la cáscara de huevo de gallina, y nivel de campo se realizarán distintas formulaciones con la harina obtenida para poder determinar cuál de

ellas funciona mejor en la alimentación de codornices de postura mejorando la producción de huevos

3.1.3. Métodos de investigación

3.1.3.1. Análisis

Durante el proceso de elaboración tanto en la harina de la cáscara de huevo de gallina, como del alimento balanceado se debe realizar análisis los cuales ayudarán a comprobar si se obtiene o no un producto de calidad.

3.1.3.2. Síntesis

Este método sirve para realizar conclusiones de la investigación. También permite relacionar ciertos parámetros para determinar que tipo de formulación es la más adecuada para la alimentación de codornices de postura mediante el análisis de la información recolectada.

3.1.3.3. Estadístico

Este método se aplicó ya que en la investigación se recolecta datos experimentales y éstos deben ser cuantificados para determinar su importancia estadística, mediante la aplicación del diseño experimental, también permitirá extraer resultados, conclusiones y recomendaciones de acuerdo a la investigación que se está realizando.

3.1.4. Fuentes y técnicas de investigación

Las fuentes que se aplicaron son las primarias y las secundarias, las mismas que cuentan con las siguientes técnicas de investigación:

3.1.4.1. Fuentes primarias

- Encuestas
- Consulta a expertos

3.1.4.2. Fuentes secundarias

- Revisión de literatura
- Internet
- Trabajo de laboratorio
- Trabajo de campo

3.2. Variables

3.2.1. Variables para la obtención de harina de cáscara de huevo de gallina

Variable independiente

1. Temperatura
2. Tiempo de secado

Variable dependiente

1. Contenido en minerales (Ca, P) y humedad de la harina
2. Porcentaje de rendimiento de la harina

3.2.2. Variable para la elaboración de balanceado para codornices en etapa de postura

Variable independiente

1. Porcentaje de harina de la cáscara de huevo de gallina

Variable dependiente

1. Producción de huevos en codornices
2. Calidad en huevos de codornices

3.3. Tratamientos de los datos

Los datos obtenidos serán analizados en forma cualitativa y cuantitativa los mismos que serán tabulados y representados en gráficas estadísticas para su mejor comprensión.

3.3.1. Obtención de harina de cáscara de huevo de gallina

Descripción de los tratamientos a nivel de laboratorio

Factor A

Temperatura.	A	$\left\{ \begin{array}{l} A1 = 60 \\ A2 = 65 \\ A3 = 70 \end{array} \right.$
(°C)		

Factor B

Tiempo (min)	B	{	B1 = 30
			B2 = 40
			B3 = 50

Tratamientos

1. **A1B1** (60°C x 30 min)
2. **A1B2** (60°C x 40 min)
3. **A1B3** (60°C x 50 min)
4. **A2B1** (65°C x 30 min)
5. **A2B2** (65°C x 40 min)
6. **A2B3** (65°C x 50 min)
7. **A3B1** (70°C x 30 min)
8. **A3B2** (70°C x 40 min)
9. **A3B3** (70°C x 50 min)

En laboratorio, se empleó 9 tratamientos con dos repeticiones. Dichos tratamientos son las interacciones entre factores; correspondiéndole al factor A, las temperaturas de secado de la cáscara de huevo de gallina y el factor B, le corresponde los diferentes tiempos de secado.

Diseño estadístico

Arreglo factorial A*B, diseño de bloques Completamente al azar (DBCA), con 2 repeticiones, donde el factor A corresponde a las temperaturas aplicadas y el factor B son los tiempos utilizados para el secado.

Análisis funcional: Tukey con margen de error del 5%

Cuadro N°. 01
Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grado de libertad
Tratamientos	8
Factor A	2
Factor B	2
A x B	4
Repeticiones	1
Error experimental	8
Total	17

Fuente: Murillo, Gina/UTE/2010

3.3.2. Descripción de los tratamientos a nivel de campo.

TRATAMIENTOS (Formulación)	DESCRIPCIÓN (Contenido de harina de cáscara de huevo de gallina)
1	2.5%
2	3.0%
3	3.5%
4	Balanceado comercial

Fuente: Murillo, Gina/UTE/2010

A nivel de campo, se empleó 3 tratamientos (formulaciones) de acuerdo al requerimiento de calcio, más 1 testigo (Balanceado comercial), con cuatro repeticiones. Cada tratamiento contó con 10 codornices de postura.

Diseño estadístico

En la fase de campo, se empleará un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), a los cuales se realizará comparaciones ortogonales entre los distintos tratamientos evaluados. El número de unidades experimentales evaluadas fueron 10 codornices por tratamiento, 40 codornices por repetición, 160 codornices por fase de campo. Análisis funcional: Tukey con margen de error del 5%

Cuadro N°. 02
Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grado de libertad
Tratamientos	3
T1 vs. T2,T3,T4	1
T2 vs. T3, T4	1
T3 vs. T4	1
Repetición	3
Error	9
Total	15

Fuente: Murillo, Gina/UTE/2011

3.4. Materiales, equipos y materia prima para la obtención de harina a partir de cascara de huevo de gallina

3.4.1. Materiales

- ✓ Bandejas
- ✓ Vasos de precipitación
- ✓ Cápsulas

- ✓ Papel filtro
- ✓ Papel aluminio
- ✓ Algodón
- ✓ Matraces
- ✓ Pipetas
- ✓ Probetas

3.4.2. Equipos

- ✓ Estufa
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Equipo de digestión
- ✓ Equipo de titulación
- ✓ Soxhlet
- ✓ Mufla
- ✓ Espectrofotómetro colorímetro
- ✓ Espectrofotómetro de absorción atómica
- ✓ Molino

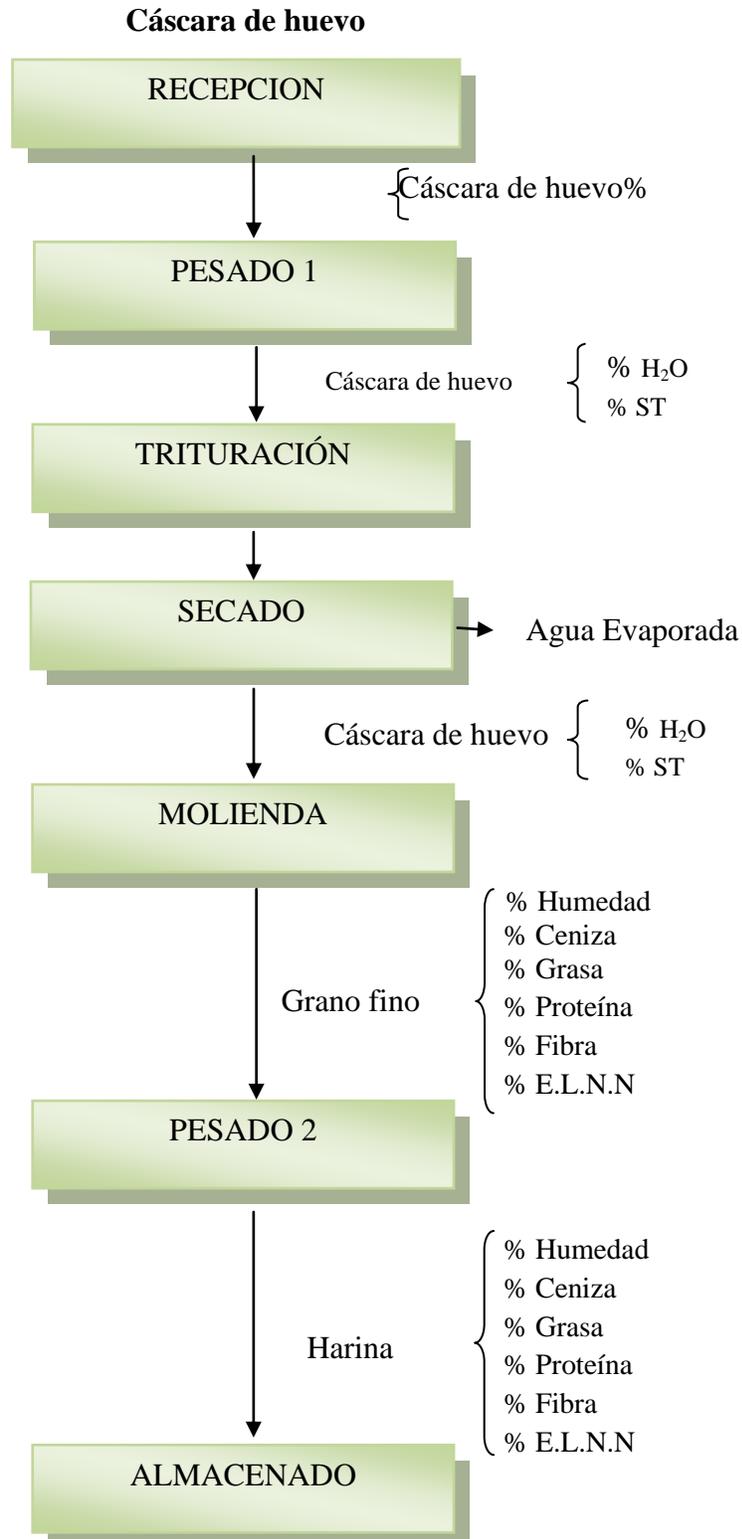
3.4.3. Materia prima

- ✓ Cáscaras de huevo

3.5. Obtención de harina a partir de cascara de huevo de gallina

La harina de cáscara de huevo de gallina es un producto muy bueno por su alto contenido de calcio, y se obtiene mediante el secado de la misma, para luego pasar por una molienda. Obtenida la harina se mezcla con los ingredientes para la elaboración de balanceado para codornices en etapa de postura.

3.5.1. Diagrama de flujo cualitativo para la obtención de harina de cáscara de huevo de gallina



3.5.1.1. Recepción: esta etapa consistió en la llegada de la materia prima (cáscaras de huevo de gallina), la misma que fue revisada para garantizar el producto final (harina). Las características de recepción fue el color que varían de crema a café claro y que no posean partículas físicas extrañas a la materia prima.

Tabla N°. 11							
Análisis bromatológico de la cáscara de huevo de gallina							
HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N.	Ca	P
%	%	%	%	%	%	%	%
0,96	87,34	1,6	3,49	2,01	4,6	64	0,15

Fuente: Murillo, Gina; Lab. Química UTE/2010

3.5.1.2. Pesado 1: se procedió a pesar la materia prima, para poder llevar un control del rendimiento

3.5.1.3. Triturado: se realiza con el propósito de reducir el tamaño de las cáscaras, de tal modo que se pueda colocar mayor cantidad en las bandejas de secado.

3.5.1.4. Secado: por medio de un diseño experimental se determinó la mejor temperatura y tiempo de secado, permitiendo así el aprovechamiento del calcio y fósforo que contiene la cascara de huevo de gallina.

Cuadro. No: 03
Temperatura y tiempo

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
30	60
40	65
50	70

Fuente: Murillo, Gina; Pruebas Experimentales/UTE/2010

3.5.1.5. Molido: con la finalidad de reducir las partículas de harina fue necesario moler la materia prima seca utilizando un molino eléctrico. Se utiliza un molino de discos el cual nos permite obtener una granulometría de 1 a 0.5 mm.

3.5.1.6. Pesado 2: una vez seca la materia prima se procedió a pesar para poder determinar el rendimiento.

3.5.1.7. Almacenado.- Se realizar el almacenado en un lugar seco y fresco en fundas plásticas herméticamente cerradas para garantizar la inocuidad del producto.

3.5.2. Control de calidad de la harina de la cáscara de huevo de gallina

3.5.2.1. Análisis bromatológicos

Se realizó análisis bromatológicos a la harina de la cáscara de huevo, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla N^o. 12							
Análisis bromatológico de la harina de cáscara de huevo de							
HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N.	Ca	P
%	%	%	%	%	%	%	%
0,64	87,34	1,6	3,49	2,01	4,92	64	0,15

Fuente: Murillo, Gina; Lab. Química UTE/2010

3.6. Materiales y equipos para la elaboración de balanceado para codornices de postura

3.6.1. Materiales

- ✓ Bandejas plásticas

- ✓ Cuchara
- ✓ Fundas plásticas
- ✓ Palas

3.6.2. Equipos

- ✓ Balanza
- ✓ Mezclador

3.6.3. Materia prima

- ✓ Maíz amarillo Nacional
- ✓ Aceite de Palma F
- ✓ Pasta de Soja Imp. 46%
- ✓ Hna. Cáscara de huevo (HCH)

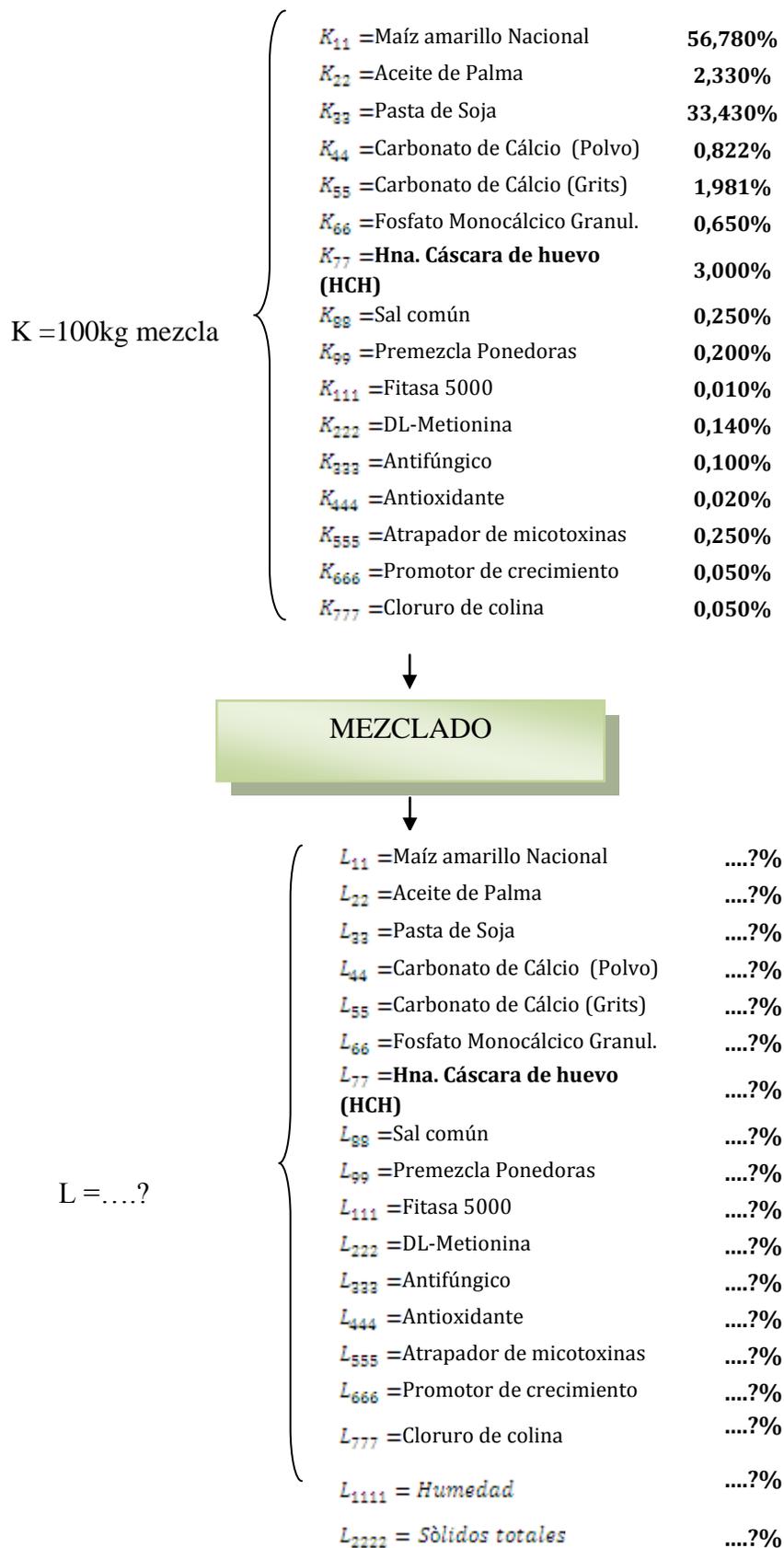
3.6.4. Insumos:

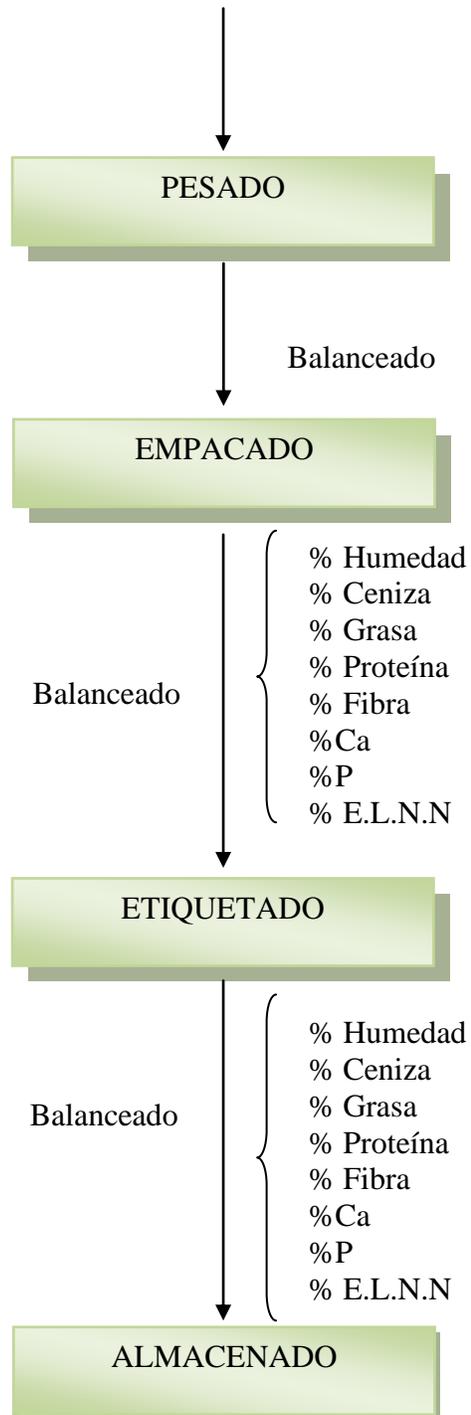
- | | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| ✓ Carbonato de Calcio (Polvo) | ✓ DL-Metionina |
| ✓ Carbonato de Calcio (Grits) | ✓ Antifúngico |
| ✓ Fosfato Monocálcico 21%
Granul. | ✓ Antioxidante |
| ✓ Sal común | ✓ Atrapador de micotoxinas |
| ✓ Premezcla Ponedoras | ✓ Promotor de crecimiento |
| ✓ Fitasa 5000 | ✓ Cloruro de colina 60% |

3.7. PREPARACION DE LA MEZCLA DEL BALANCEADO

Consiste en realizar la mezcla de la harina con los ingredientes de acuerdo a la formulación.

3.7.1. Diagrama de flujo cualitativo para la obtención del balanceado para codornices de postura





3.7.1.1. Mezclado: se realizó una mezcla de las materias primas e insumos, hasta obtener una composición homogénea, la mezcla se la realiza de acuerdo a cada uno de los tratamientos o formulaciones que se va a emplear.

Tabla N°. 13						
Formulación del concentrado						
Ingrediente	T1		T2		T3	
	Cantidad		Cantidad		Cantidad	
	%	Kg.	%	Kg.	%	Kg.
Maíz amarillo Nacional	56,770	56,770	56,780	56,780	56,790	56,790
Aceite de Palma F	2,340	2,340	2,330	2,330	2,330	2,330
Pasta de Soja Imp. 46%	33,430	33,430	33,430	33,430	33,430	33,430
Carbonato de Calcio (Polvo)	0,972	0,972	0,822	0,822	0,672	0,672
Carbonato de Calcio (Grits)	2,268	2,268	1,981	1,981	1,568	1,568
Fosfato Monocálcico 21% Granul.	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650
Hna. Cáscara de huevo (HCH)	2,500	2,500	3,000	3,000	3,500	3,500
Sal común	0,260	0,260	0,250	0,250	0,250	0,250
Premezcla Ponedoras	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Fitasa 5000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
DL-Metionina	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140
Antifúngico	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antioxidante	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Atrapador de micotoxinas	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Promotor de crecimiento	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloruro de colina 60%	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: Murillo, Gina /2010

De acuerdo al requerimiento nutricional (NRC)¹⁷ de codornices en etapa de postura, se calculó el aporte de cada nutriente por cada kilogramo de alimento

Tabla N°. 14

Composición nutricional o análisis calculado por el método lineal

Nutrientes:	Unidad	Aporte/kg de alimento			Req. NRC
Materia Seca	%	88,51	88,51	88,51	90,00
E. M. Aves	Kcal/kg	2900,00	2900,00	2900,00	2.900,00 mín.
Proteína	%	20,00	20,00	20,00	20,00 mín.
Extracto Etereo	%	5,01	5,00	5,00	-
Acido Linoleico	%	1,47	1,47	1,47	1,00 mín.
Fibra Cruda	%	2,65	2,65	2,65	-
Calcio	%	2,50	2,50	2,50	2,50 mín.
P Total	%	0,63	0,63	0,63	-
P disponible	%	0,35	0,35	0,35	0,35 mín.
Ca:P	-	0,00	0,00	0,00	-
Sodio	%	0,18	0,18	0,18	0,15 mín.
Cloro	%	0,15	0,15	0,15	0,14 mín.
Potasio	%	0,92	0,92	0,92	0,40 mín.
Magnesio	%	0,22	0,22	0,22	-
Cenizas	%	8,07	7,94	7,82	-
Humedad	%	11,49	11,49	11,49	13,00 máx.
MET Total	%	0,45	0,45	0,45	0,45 mín.
TAAS Total	%	0,78	0,78	0,78	0,70 mín.
LIS Total	%	1,09	1,09	1,09	1,00 mín.
TREON Total	%	0,78	0,78	0,78	0,74 mín.
TRIPT Total	%	0,24	0,24	0,24	0,19 mín.
ARG Total	%	1,36	1,36	1,36	1,26 mín.
ILE Total	%	0,86	0,86	0,86	0,90 mín.
LEU Total	%	1,72	1,72	1,72	1,42 mín.
VAL Total	%	0,94	0,94	0,94	0,92 mín.
MET Dig. Aves	%	0,42	0,42	0,42	-
TAAS Dig. Aves	%	0,71	0,71	0,71	-
LIS Dig. Aves	%	0,99	0,99	0,99	-
TREON Dig. Aves	%	0,69	0,69	0,69	-
TRIPT Dig. Aves	%	0,19	0,19	0,19	-
ARG Dig. Aves	%	1,26	1,26	1,26	-
Colina	mg/kg	1458,50	1458,50	1458,50	-
BDE	meq/kg	270,07	270,62	271,17	-
Xantófilas	mg/kg	13,63	13,63	13,63	-

Fuente: Murillo, Gina /2010

¹⁷ NUTRIENT REQUIREMENTS OF POULTRY, Ninth Revised Edition 1994

Tabla N°. 15

Composición nutricional o análisis calculado por el método del tanteo

Cantidad	Ingrediente	Proteína		EM		Grasa		Fibra		Calcio		Fósforo	
		%	Kg	kcal	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg
56,780	Maíz amarillo Nacional	8,80	5,00	3300	1873,74	3,38	1,92	2,96	1,68	0,03	0,02	0,25	0,14
2,330	Aceite de Palma	0,00	0,00	0,00	0,00	99,50	2,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
33,430	Pasta de Soja	52,72	17,62	3500	1170,05	3,17	1,06	5,30	1,77	0,89	0,30	0,83	0,28
0,822	Carbonato de Calcio (Polvo)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,01	0,00	0,00
1,921	Carbonato de Calcio (Grits)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,02	0,00	0,00
0,650	Fosfato Monocálcico Granul.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,01	0,08	0,00
3,000	Hna. Cáscara de huevo (HCH)	3,49	0,10	0,00	0,00	1,60	0,05	2,01	0,06	64,00	1,92	0,15	0,00
0,250	Sal común	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,200	Premezcla Ponedoras	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,010	Fitasa 5000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,140	DL-Metionina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,100	Antifúngico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,020	Antioxidante	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,250	Atrapador de micotoxinas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,050	Promotor de crecimiento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,050	Cloruro de colina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100,003	Total		22,73		3043,79		5,35		3,51		2,23		0,42
	Req. NRC¹⁸		20		2900		5,01		2,65		2,5		0,35

Fuente: Murillo, Gina /2010

Los valores de Req. NRC representan requerimientos mínimos, por lo tanto los valores obtenidos mediante el método del tanteo cumplen con el requerimiento nutricional de codornices en etapa de postura.

3.7.1.2. Pesado: se procedió a pesar cada una de las mezclas obtenidas anteriormente para llevarlas a su correspondiente empaque.

¹⁸ Nutrient Requirements of Poultry, Ninth Revised Edition 1994

3.7.1.3. Empacado: Se realizó el empacado en fundas plásticas cerradas y en condiciones de higiene.

3.7.1.4. Etiquetado: Consiste en pegar la etiqueta en el producto con su respectiva información.

3.7.1.5. Almacenado: Almacenar las fundas del producto a temperatura ambiente en un lugar seco y fresco.

3.7.2. Control de calidad del balanceado para codornices de postura

Tabla N ^o . 16							
Análisis bromatológico del balanceado para codornices de							
HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N.	Ca	P
%	%	%	%	%	%	%	%
11,46	7,92	4,98	20,01	2,65	52,98	2,58	0,63

Fuente: Murillo, Gina; Lab. Química UTE/2010

3.8. Diagrama de flujo cualitativo para el manejo de codornices de postura





3.8.1. Adecuación de las instalaciones: se desinfectó el área donde se procedió a colocar la jaula vertical que tiene una medida de 1 x 1 metro y se compone de 5 módulos con 2 compartimientos cada uno, en los cuales pueden albergar como máximo 10 aves cada uno. Utilizando cloro se desinfectó el tanque de reservorio de agua. Las paredes de las instalaciones son de cemento y las ventanas cubiertas con mallas. Se incorporó luz fluorescente, ya que las aves necesitan estar iluminadas hasta las 9 p.m.

3.8.2. Recepción de las aves: se corroboró la instalación de agua, así como también el normal funcionamiento de cada uno de los bebederos, el agua a suministrar es potable, se suministró agua con vitaminas electrolíticas durante los tres primeros días de llegada.

Es conveniente no suministrar concentrado durante las dos primeras horas ya que las aves por el estado de estrés causado por el viaje pueden impactarse y ahogarse con el alimento.

3.8.3. Suministro de balanceado: las primeras tres semanas se suministró balanceado inicial, a partir de la cuarta semana se mezcló este balanceado inicial con el balanceado obtenido con diferentes porcentajes de harina de cáscara de huevo de gallina, la mezcla se la hizo de la siguiente electrolíticas manera:

4ta. Semana

- Día 1: 25% - 75%
- Día 2: 40% - 60%
- Día 3: 50% - 50%
- Día 4: 60% - 40%
- Día 5: 75% - 25%
- Día 6: 100% Alimento codorniz producción

A partir de la quinta semana se suministró 20 gr./ave/día del balanceado a prueba por seis semanas más.

3.8.4. Manejo sanitario: durante los tres primeros días de ubicación en la jaula piramidal, se suministró agua con vitaminas, aunque son bastante resistentes a las enfermedades, es necesario una higiene adecuada, es decir; el agua debe cambiarse todos los días y que esta sea fresca y limpia, los bebederos deben ser desinfectados diariamente, el ambiente debe ser fresco y sin corriente de aire, las bandejas deben ser limpiadas por lo menos dos veces por semana.

3.8.5. Manejo de registros: se llevaron registros diarios, donde se llevaba toda la información referente a la postura de cada grupo, consumo de alimento semanal, registro de aves muertas y las observaciones por cada tratamiento.

3.8.6. Comercialización de huevos: para la comercialización de los huevos se utilizó cajas de plástico en las cuales se colocaban 20 huevos por un valor de \$1,25 USD. y al por mayor se expendía a un valor de \$0,04 centavos por huevo.

3.9. Datos a nivel de campo

3.9.1. Cantidad de huevos

Se realizó el conteo de los huevos de cada tratamiento diariamente anotando en el registro (Cuadro N.04), para luego realizar la sumatoria semanal.

Cuadro N°. 04
Registro de cantidad de huevos

T1	SEMANA					
DIA	5	6	7	8	9	10
Lunes						
Martes						
Miércoles						
Jueves						
Viernes						
Sábado						
Domingo						
TOTAL						

Fuente: Murillo, Gina; Lab. UTE/2010

3.9.2. Calidad de huevos

Se determinó la calidad del huevo mediante el peso que se registró, luego se realizó un promedio en cada uno de los tratamientos, para comparar con las categorías de calidad (Cuadro N.05)

Cuadro N°. 05
Calidad de huevos mediante el peso

OPTIMA CALIDAD	11 gr. o mas
CALIDAD CORRIENTE	9 a 11 gr.
CATEGORIA INFERIOR	9 gr. o menos

Fuente: <http://comercializacion-de-huevos-de-codorniz.php>

3.10. Diseño experimental de la harina de cáscara de huevo de gallina para determinar la mejor de acuerdo a la temperatura y el tiempo de secado

Se aplicará un diseño de bloques Completamente al azar (DBCA), en arreglo factorial A*B con dos repeticiones.

3.10.1. Humedad

Contenido de humedad de acuerdo al tiempo y temperatura de secado de la harina de cáscara de huevo de gallina.

Tabla N°. 17

Porcentaje de humedad en la harina

PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LA HARINA			
TRATAMIENTOS	REPETICIONES		PROMEDIOS
	R1	R2	
A1B1	0,68	0,60	0,64
A1B2	0,68	0,61	0,64
A1B3	0,43	0,37	0,40
A2B1	0,61	0,65	0,63
A2B2	0,47	0,43	0,45
A2B3	0,61	0,67	0,64
A3B1	0,61	0,62	0,62
A3B2	0,61	0,60	0,61
A3B3	0,51	0,41	0,46

Fuente: Murillo, Gina; Lab. UTE/2010

TABLA DE ADEVA PARA % DE HUMEDAD

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%HUMEDAD.	18	0,93	0,84	6,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,16	9	0,02	11,28	0,0012
REPLICAS	0,00	1	0,00	2,23	0,1740NS
TEMP. °C	0,00	2	0,00	0,20	0,8203NS
TIEMP.min	0,05	2	0,02	15,85	0,0016*
TEMP. °C*TIEMP.min	0,10	4	0,03	16,80	0,0006**
Error	0,01	8	0,00		
Total	0,17	17			

En el resultado de la tabla de ADEVA con un F calculado del 5%, se obtiene que la temperatura de secado no es significativo, no así con la variable tiempo de secado y su interacción. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula de igualdad de tratamientos para la variable temperatura. Las tres temperaturas usadas no afectan mayormente en el contenido de humedad de las cáscaras de huevo.

Al interaccionar la temperatura con el tiempo de secado se logra una respuesta altamente significativa que afecta en el % de humedad de las cáscaras de huevo

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE TIEMPO (MIN)

Test :Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,06515

Error: 0,0016gl: 8

TIEMP.min	Medias	n	
3,00	0,50	6	A
2,00	0,57	6	B
1,00	0,63	6	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Al realizar la prueba de Tukey al 5% se obtiene dos rangos de significación, en el primer rango como mejores tratamiento se tienen al utilizar tiempos de secado de 30 min y 40 minutos, con medias de 0.63%-0,57% de humedad.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN TEMPERATURA POR TIEMPO DE SECADO

Test :Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,16105

Error: 0,0016gl: 8

TEMP. °C	TIEMP.min	Medias	n				
1,00	3,00	0,40	2	A			
2,00	2,00	0,45	2	A	B		
3,00	3,00	0,46	2	A	B	C	
3,00	2,00	0,61	2		B	C	D
3,00	1,00	0,62	2			C	D
2,00	1,00	0,63	2				D
1,00	1,00	0,64	2				D
2,00	3,00	0,64	2				D
1,00	2,00	0,65	2				D

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

La interacción al ser altamente significativa requiere realizar una prueba de significación. En este caso se aplica la prueba de Tukey al 5%, en esta prueba se obtiene algunos rangos de significación en el primer rango se encuentra los tratamientos:

Tratamientos	medias
(2,00 1,00)	0,63
(1,00 1,00)	0,64
(2,00 3,00)	0,64
(1,00 2,00)	0,65

En los restantes rangos se encuentran los tratamientos con contenidos menores de humedad.

Se recomienda utilizar 60°C por 40 minutos de secado si el interés es eliminar la mayor cantidad de agua de las cáscaras de huevo.

El coeficiente de variación es menor al 10%, indica buen manejo del estudio en Laboratorio.

3.10.2. Calcio

Contenido de calcio de acuerdo al tiempo y temperatura de secado de la harina de cáscara de huevo de gallina.

Tabla N°. 18
Porcentaje de calcio en la harina

PORCENTAJE DE CALCIO EN LA HARINA			
TRATAMIENTOS	REPETICIONES		PROMEDIOS
	R1	R2	
A1B1	39,75	39,50	39,63
A1B2	39,50	39,75	39,63
A1B3	31,00	30,75	30,88
A2B1	47,25	47,00	47,13
A2B2	64,25	64,00	64,13
A2B3	42,50	42,25	42,38
A3B1	35,75	36,00	35,88
A3B2	30,00	30,25	30,13
A3B3	36,50	36,75	36,63

Fuente: Murillo, Gina; Lab. UTE/2010

TABLA DE ADEVA PARA LA VARIABLE % DE CALCIO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Ca	18	1,00	1,00	0,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1686,75	9	187,42	5397,61	<0,0001
REPLICAS	0,00	1	0,00	0,10	0,7599NS
TEMP. °C	1011,00	2	505,50	14558,40	<0,0001**
TIEMP.min	192,25	2	96,13	2768,40	<0,0001**
TEMP. °C*TIEMP.min	483,50	4	120,88	3481,20	<0,0001**
Error	0,28	8	0,03		
Total	1687,03	17			

En el resultado de la tabla de ADEVA con un F calculado del 5%, se obtiene que todos los factores de estudio son altamente significativos, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tratamientos. La variación en la temperatura y tiempo de secado afecta en el % de Calcio de las cáscaras de huevo.

PRUEBA DE TUKEY PARA TEMPERATURA DE SECADO (°C)

Test :Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,30741

Error: 0,0347gl: 8

TEMP. °C	Medias	n	
3,00	34,21	6	A
1,00	36,71	6	B
2,00	51,21	6	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Si se analiza la prueba de Tukey al 5% en la temperatura de secado, resulta que el tratamiento 65°C, tiene mayor % de Calcio en las cáscaras de huevo, con una media de 51.21%.

PRUEBA DE TUKEY PARA TIEMPO DE SECADO EN MINUTOS

Test :Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,30741

Error: 0,0347gl: 8

TIEMP.min	Medias	n	
3,00	36,63	6	A
1,00	40,88	6	B
2,00	44,63	6	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la prueba de Tukey al 5%, se observan tres rangos de significación en el primer rango como mejor alternativa de tiempo de secado se logra a los 40 minutos con un promedio de 44,63% de Ca.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN TEMPERATURA POR TIEMPO DE SECADO

Test :Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,75987

Error: 0,0347gl: 8

TEMP.°C	TIEMP.min	Medias	n				
3,00	2,00	30,13	2	A			
1,00	3,00	30,88	2	A			
3,00	1,00	35,88	2		B		
3,00	3,00	36,63	2		B		
1,00	1,00	39,63	2			C	
1,00	2,00	39,63	2			C	
2,00	3,00	42,38	2				D
2,00	1,00	47,13	2				E
2,00	2,00	64,13	2				E

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la interacción temperatura por tiempo de secado se obtiene algunos rangos de significación de los cuales el mejor tratamiento es 65°C por 40 minutos con una media de 64,13% de Calcio, los demás tratamientos tienen contenidos de calcio menores.

3.10.3. Fósforo

Contenido de fósforo de acuerdo al tiempo y temperatura de secado de la harina de cáscara de huevo de gallina.

Tabla N°. 19
Porcentaje de fósforo de en la harina

PORCENTAJE DE FOSFORO EN LA HARINA			
TRATAMIENTOS	REPETICIONES		PROMEDIOS
	R1	R2	
A1B1	0,15	0,15	0,15
A1B2	0,15	0,15	0,15
A1B3	0,19	0,19	0,19
A2B1	0,16	0,16	0,16
A2B2	0,15	0,15	0,15
A2B3	0,14	0,14	0,14
A3B1	0,19	0,20	0,19
A3B2	0,15	0,15	0,15
A3B3	0,16	0,16	0,16

Fuente: Murillo, Gina; Lab. UTE/2010

TABLA DE ADEVA PARA LA VARIABLE % DE FÓSFORO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%FÓSFORO	18	0,32	0,00	13,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,00	9	0,00	0,42	0,8903
REPLICAS	0,00	1	0,00	0,10	0,7599NS
TEMP. °C	0,00	2	0,00	0,21	0,8141NS
TIEMP.min	0,00	2	0,00	0,34	0,7186NS
TEMP. °C*TIEMP.min	0,00	4	0,00	0,64	0,6461NS
Error	0,00	8	0,00		
Total	0,01	17			

Como resultado del análisis de la tabla de ADEVA con un F calculado del 5%, se obtiene que los factores temperatura por tiempo así como su interacción no son significativas.

Por lo tanto se acepta la hipótesis nula de igualdad de tratamientos. La variación de la temperatura por tiempo de secado no afecta en el contenido de fósforo de las cáscaras de huevo.

TABLA DE MEDIAS PARA LA INTERACCION TEMPERATURA POR TIEMPO DE SECADO

TEMP. °C	TIEMP.min	Medias	n	
2,00	2,00	0,15	2	A
1,00	1,00	0,15	2	A
3,00	2,00	0,16	2	A
2,00	1,00	0,16	2	A
3,00	3,00	0,16	2	A
3,00	1,00	0,17	2	A
1,00	2,00	0,17	2	A
2,00	3,00	0,17	2	A
1,00	3,00	0,18	2	A

En la interacción temperatura por tiempo de secado estadísticamente no se encuentra diferencia, pero sí se compara medias numéricamente se observa variación. El mejor tratamientos se obtienen al combina 65°C por 40 min. Con una media de 0,15% de fósforo.

3.11. Diseño experimental de las formulaciones para determinar la mejor de acuerdo a la producción de huevos (cantidad) y a la calidad (peso)

3.10.1. Cantidad de huevos

Cantidad de huevos producidos por cada bloque de acuerdo a las formulaciones preparadas con 2,5 – 3,0 – 3,5 % de contenido de harina de cáscara de huevo de gallina y la formulación testigo o comercial

Tabla N°. 20
Cantidad de huevos por cada tratamiento durante seis semanas

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
T 1 (2,5% Ca)	246	222	234	245	236,75
T 2 (3,0% Ca)	259	250	230	247	246,50
T 3 (3,5% Ca)	253	245	175	245	229,50
T4 (TESTIGO)	199	214	197	205	203,75

Fuente: Murillo, Gina. /2011

TABLA DE ADEVA PARA CANTIDAD DE HUEVOS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CANTIDAD HUEVOS	16	0,69	0,49	7,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	6261,50	6	1043,58	3,41	0,0485
REPLICAS	2245,25	3	748,42	2,45	0,1305NS
TRATAMIENTOS	4016,25	3	1338,75	4,38	0,0368*
T1 vs. T2, T3, T4	310,08	1	310,08	1,01	0,3403NS
T2 vs. T3, T4	2380,04	1	2380,04	7,78	0,0211*
T3 vs. T4	1326,13	1	1326,13	4,34	0,0670NS
Error	2752,25	9	305,81		
Total	9013,75	15			

En la tabla de ADEVA al 5% para cantidad de huevos se observan que todos los tratamientos son significativos, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tratamientos. El utilizar diferentes % de harina de huevo en las formulaciones produce diferentes cantidades de huevos.

De las comparaciones ortogonales se concluye que el tratamiento uno es igual al tratamiento dos, tres, y testigo. Si se compara el tratamiento dos, versus el tratamiento tres y testigo, este es diferente. Sin embargo el tratamiento tres es igual al testigo.

PRUEBA DE TUKEY PARA TRATAMIENTOS

Test :Tukey Alfa: 0,05 DMS: 38,60321

Error: 305,8056gl: 9

TRATAMIENTOS	Medias	n		
4,00	203,75	4	A	
3,00	229,50	4	A	B
1,00	236,75	4	A	B
2,00	246,50	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la prueba de Tukey al 5% para cantidad de huevos se obtiene dos rangos de significación. En el primer rango como mejor tratamiento se encuentra la formulación dos con 3% de cáscaras de huevos con un promedio de 246.50 huevos, y como tratamiento no recomendado en el rango dos están el testigo con un promedio de 203,75 huevos.

El coeficiente de variación es menor al 10%, indica buen manejo del experimento en campo.

3.11.2. Calidad de huevos

Calidad de huevos de acuerdo al peso promedio durante las seis semanas de estudio

Tabla N°. 21
Calidad de huevos por cada tratamiento

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
T 1 (2,5% Ca)	9,05	10,73	9,16	9,20	9,54
T 2 (3,0% Ca)	11,24	11,46	11,49	11,40	11,40
T 3 (3,5% Ca)	9,99	10,75	10,04	10,33	10,28
T4 (TESTIGO)	11,38	11,11	10,71	10,90	11,02

Fuente: Murillo, Gina. /2011

TABLA DE ADEVA PARA PESO DE HUEVOS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PESO	16	0,87	0,78	3,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	9,31	6	1,55	9,67	0,0017
REPLICAS	1,12	3	0,37	2,33	0,1428NS
TRATAMIENTOS	8,19	3	2,73	17,01	0,0005**
T1 vs. T2, T3, T4	5,59	1	5,59	34,81	0,0002**
T2 vs. T3, T4	1,49	1	1,49	9,25	0,0140*
T3 vs. T4	1,12	1	1,12	6,96	0,0270*
Error	1,45	9	0,16		
Total	10,76	15			

En la tabla de ADEVA al 5% para peso de huevos se observan que todos los tratamientos son altamente significativos, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tratamientos. El utilizar diferentes % de harina de huevo en las formulaciones produce diferentes pesos en los huevos.

Las tres comparaciones ortogonales son significativas, se concluye que el tratamiento uno es diferente al tratamiento dos, tres, y testigo. Si se compara el tratamiento dos, versus el tratamiento tres y testigo, este es diferente. De igual forma el tratamiento tres es diferente al testigo.

TABLA DE ADEVA PARA TRATAMIENTOS

Test :Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,88454

Error: 0,1606gl: 9

TRATAMIENTOS	Medias	n			
1,00	9,54	4	A		
3,00	10,28	4	A	B	
4,00	11,03	4		B	C
2,00	11,40	4			C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la prueba de Tukey al 5% para cantidad de huevos se obtiene tres rangos de significación. En el primer rango como mejor tratamiento se encuentra la formulación dos con 3% de cáscaras de huevos con un promedio en peso de 11,40g, y como tratamiento no recomendado en el rango tres se obtiene al usar 2,5% de cáscaras de huevo, con un promedio de 9,54g huevos.

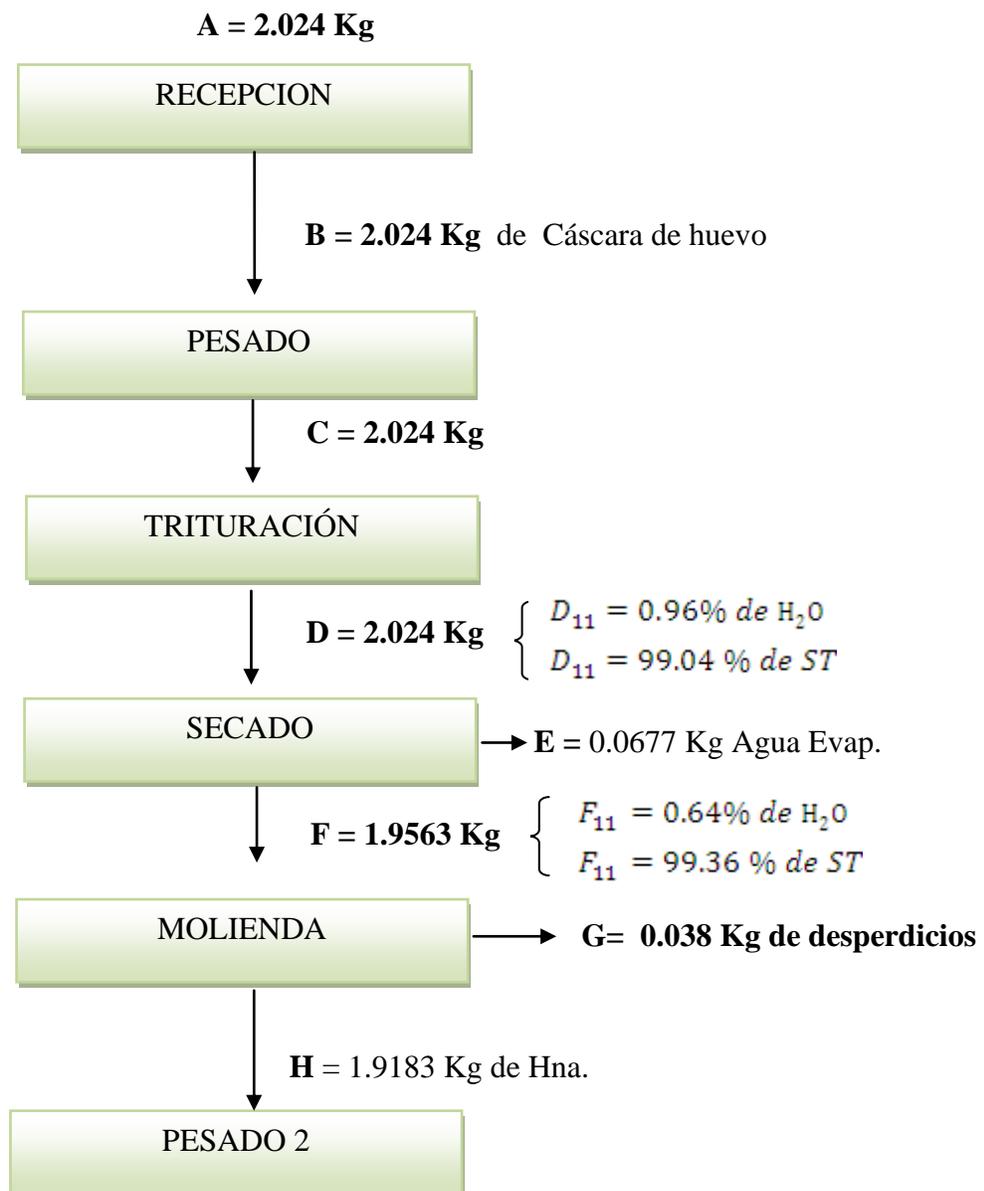
El coeficiente de variación es menor al 5%, indica buen manejo del experimento en campo.

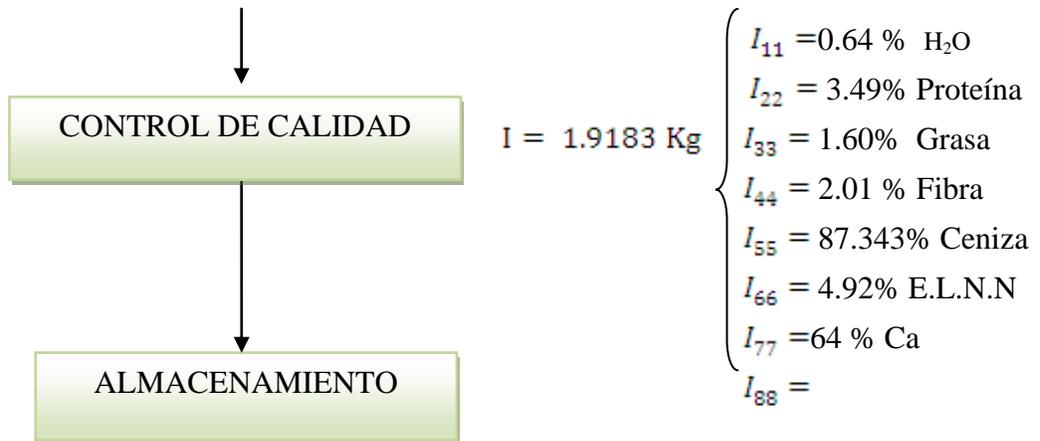
CAPITULO IV

4.1. Diagrama de flujo cuantitativo para la obtención de harina de la cáscara de huevo de gallina

A NIVEL DE LABORATORIO

Base de cálculo: 2.024 kg





4.1.1. Balance de materia para la obtención de harina de cáscara de huevo de gallina

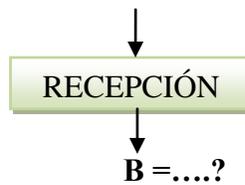
A NIVEL DE LABORATORIO

Base de cálculo: 2.024 kg



Balance de materia para recepción

$$A = 2.024 \text{ Kg}$$



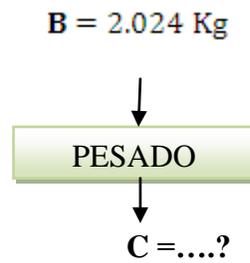
Balance general

$$A = B$$

$$A = 2.024 \text{ Kg}$$



Balance de materia para el pesado



Balance general

$$B = C$$
$$C = 2.024 \text{ Kg}$$



Balance de materia para la trituración

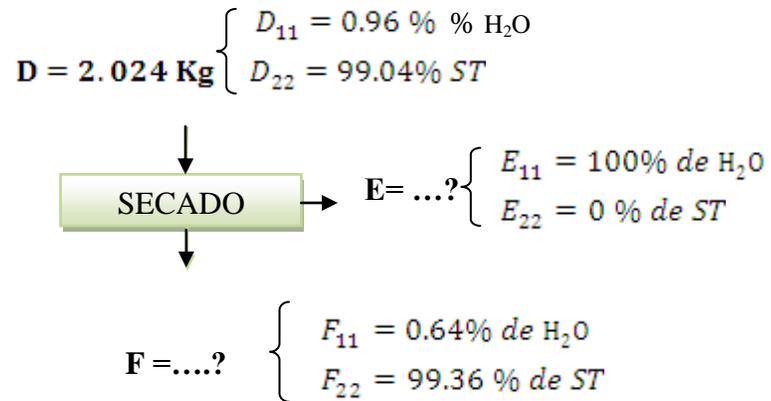


Balance general

$$C = D$$
$$D = 2.024 \text{ Kg}$$



Balance de materia para el secado



Balance General

$$D = E + F$$

$$E = D - F$$

Balance parcial de sólidos totales

$$D(D_2) = E(E_2) + F(F_2)$$

$$2.024(0.9604) = E(0) + F(0.9936)$$

$$1.9438 = F(0.9936)$$

$$F = 1.9563 \text{ Kg de C\`as} \text{cara de huevo}$$

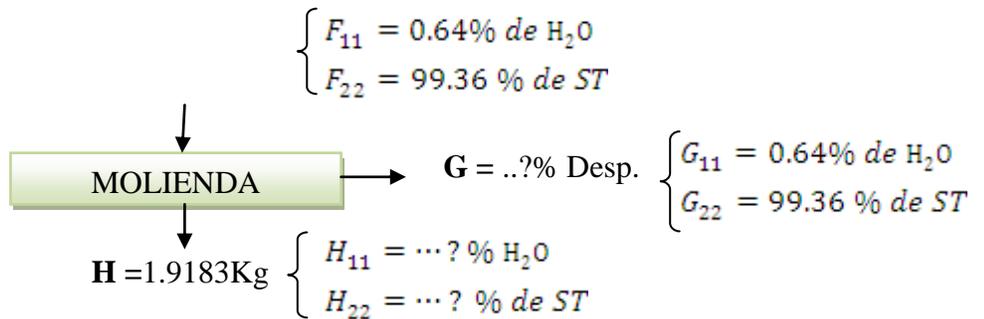
Por lo tanto

$$E = D - F$$

$$E = 2.024 - 1.9563$$

$$E = 0.0677 \text{ Kg. de agua evaporada}$$

◆ Balance de materia para la molienda



Balance General

$$F = G + H$$

$$G = F - H$$

$$G = (1.9563 - 1.9183) \text{KG}$$

$$G = 0.038 \text{ Kg de desperdicios}$$

Balance parcial para sólidos totales

$$F(F_2) = G(G_2) + H(H_2)$$

$$1.9563(0.9936) = 0.038(0.9936) + 1.9183(H_2)$$

$$1.9438 = 0.0378 + 1.9183(H_2)$$

$$1.906 = 1.9183(H_2)$$

$$H_2 = 0.9936$$

$$H_{22} = 99.36 \%$$

Balance parcial para H_2O

$$F(F_1) = G(G_1) + H(H_1)$$

$$1.9563(0.0064) = 0.038(0.0064) + 1.9183(H_1)$$

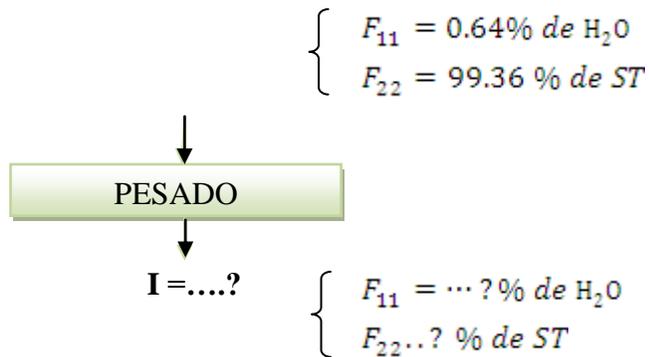
$$0.0125 = 0.0002432 + 1.9183(H_1)$$

$$0.0123 = 1.9183(H_1)$$

$$H_1 = 0.0064$$

$$H_{11} = 0.64 \%$$

◆ Balance de materia para el pesado



Balance General

$$H = I$$

$$I = 1.9183Kg$$

Balance parcial para sólidos totales

$$H(H_2) = I(I_2)$$

$$1.9183(0.9936) = 1.9183(I_2)$$

$$1.9060 = 1.9183(I_2)$$

$$I_2 = 0.9936$$

$$I_{22} = 99.36\%$$

Balance parcial para H_2O

$$H(H_1) = I(I_1)$$

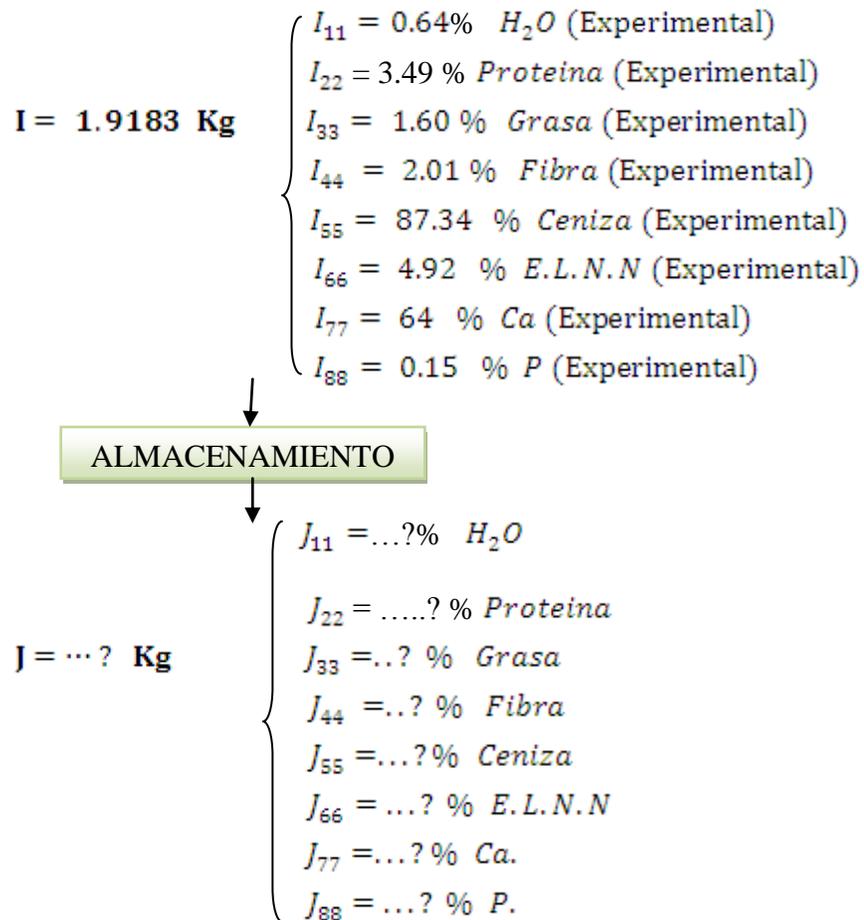
$$1.9183(0.0064) = 1.9183(I_1)$$

$$0.0123 = 1.9183(I_1)$$

$$I_1 = 0.0064$$

$$I_{11} = 0.64\%$$

◆ Balance de materia para el almacenamiento



Balance General

$$I = J$$

$$J = 1.9183 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$I(I_1) = J(J_1)$$

$$1.9183(0.0064) = 1.9183(J_1)$$

$$J_1 = 0.0064$$

$$J_{11} = 0.64\%$$

Balance parcial para Proteína

$$I(I_2) = J(J_2)$$

$$1.9183(0.0349) = 1.9183(J_2)$$

$$J_2 = 0.0349$$

$$J_{22} = 3.49\%$$

Balance parcial para Grasa

$$I(I_3) = J(J_3)$$

$$1.9183(0.016) = 1.9183(J_3)$$

$$J_3 = 0.016$$

$$J_{33} = 1.60\%$$

Balance parcial para Fibra

$$I(I_4) = J(J_4)$$

$$1.9183(0.0201) = 1.9183(J_4)$$

$$J_4 = 0.0201$$

$$J_{44} = 2.01 \%$$

Balance parcial para Ceniza

$$I(I_5) = J(J_5)$$

$$1.9183(0.8734) = 1.9183(J_5)$$

$$J_5 = 0.8734$$

$$J_{55} = 87.34 \%$$

Balance parcial para E.L.N.N

$$I(I_6) = J(J_6)$$

$$1.9183(0.0492) = 1.9183(J_6)$$

$$J_6 = 0.0492$$

$$J_{66} = 4.92 \%$$

Balance parcial para Ca

$$I(I_7) = J(J_7)$$

$$1.9183(0.64) = 1.9183(J_7)$$

$$J_7 = 0.64$$

$$J_{77} = 64 \%$$

Balance parcial para P

$$I(I_8) = J(J_8)$$

$$1.9183(0.0015) = 1.9183(J_8)$$

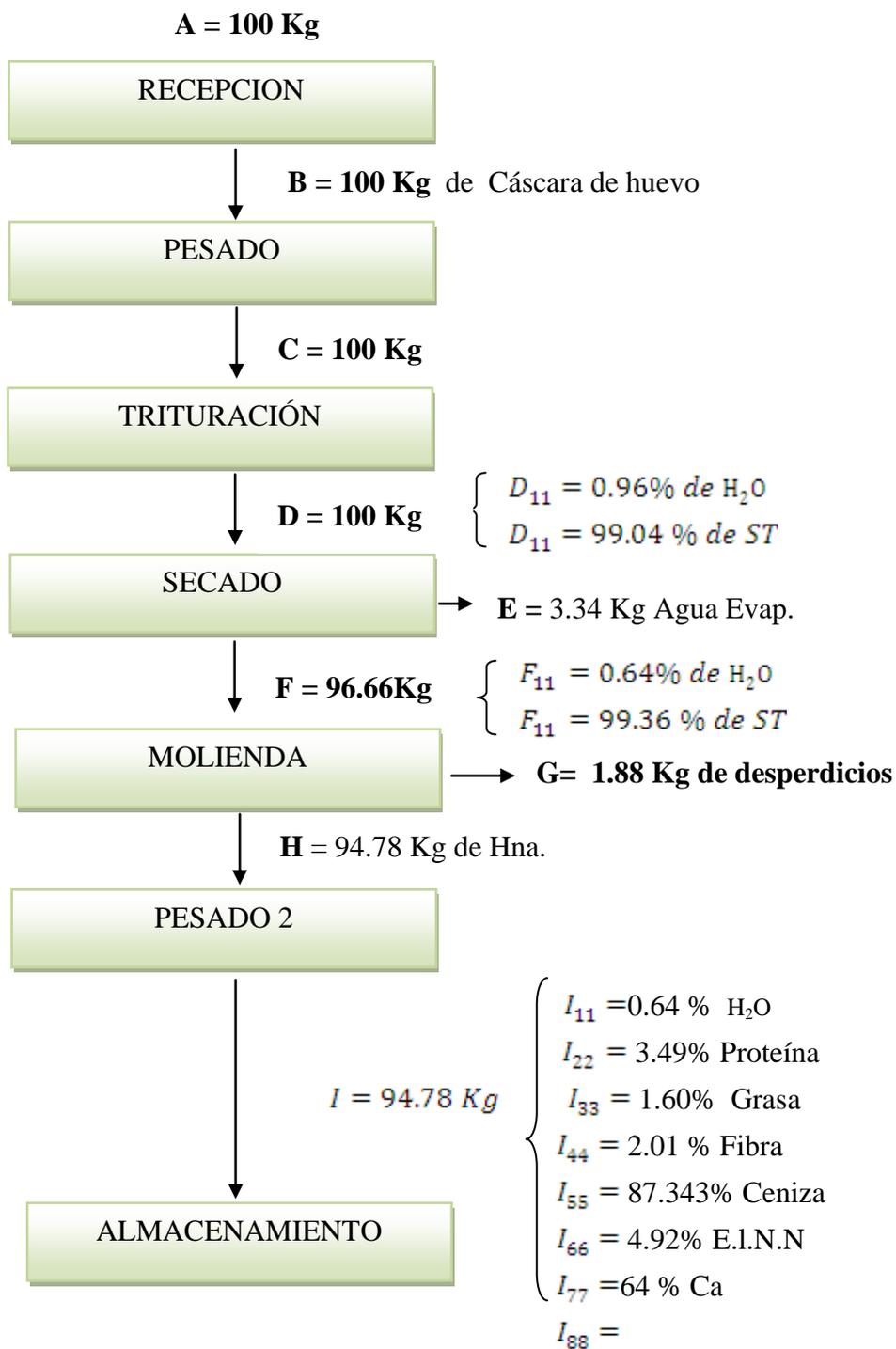
$$J_8 = 0.0015$$

$$J_{88} = 0.15 \%$$

4.1.2. Diagrama de flujo cuantitativo para la obtención de harina de la cáscara de huevo de gallina

A NIVEL PILOTO

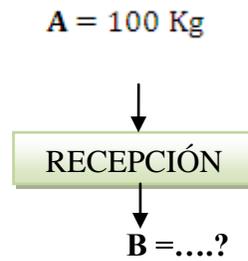
Base de cálculo: 100 kg de cáscara de huevo de gallina



4.1.3. Balance de materia para la obtención de harina de cáscara de huevo de gallina A NIVEL PILOTO

Base de cálculo: 100 Kg.

◆ Balance de materia para recepción

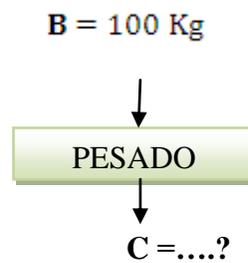


Balance general

$$A = B$$

$$A = 100 \text{ Kg}$$

◆ Balance de materia para el pesado

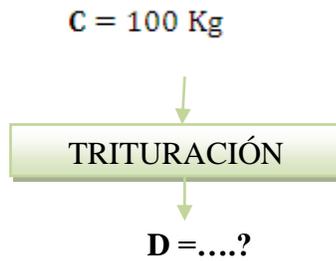


Balance general

$$B = C$$

$$C = 100 \text{ Kg}$$

◆ Balance de materia para la trituración

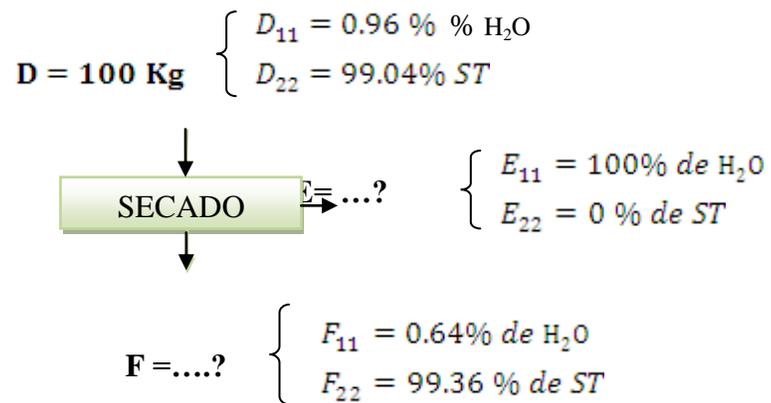


Balance general

$$C = D$$

$$D = 100 \text{ Kg}$$

◆ Balance de materia para el secado



Balance General

$$D = E + F$$

$$E = D - F$$

Balance parcial de sólidos totales

$$D(D_2) = E(E_2) + F(F_2)$$

$$100 (0.9604) = E(0) + F(0.9936)$$

$$96.04 = F(0.9936)$$

$$F = 96.66 \text{ Kg de Càscara de huevo}$$

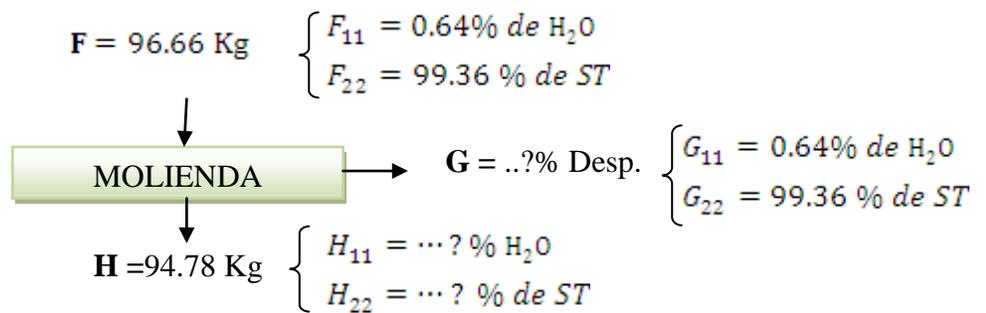
Por lo tanto

$$E = D - F$$

$$E = 100 - 96.66$$

$$E = 3.34 \text{ Kg. de agua evaporada}$$

◆ Balance de materia para la molienda



Balance General

$$F = G + H$$

$$G = F - H$$

$$G = (96.66 - 94.78) \text{ Kg}$$

$$G = 1.88 \text{ Kg de desperdicios}$$

Balance parcial para sólidos totales

$$F(F_2) = G(G_2) + H(H_2)$$

$$96.66(0.9936) = 1.88(0.9936) + 94.78(H_2)$$

$$96.04 = 1.87 + 94.78 (H_2)$$

$$96.04 = 96.65 (H_2)$$

$$H_2 = 0.9936$$

$$H_{22} = 99.36 \%$$

Balance parcial para H_2O

$$F(F_1) = G(G_1) + H(H_1)$$

$$96.66 (0.0064) = 1.88(0.0064) + 94.78(H_1)$$

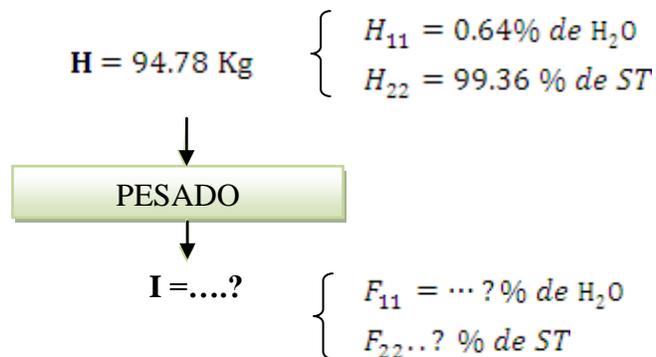
$$0.618 = 0.012 + 94.78 (H_1)$$

$$0.618 = 94.79(H_1)$$

$$H_1 = 0.0064$$

$$H_{11} = 0.64 \%$$

◆ Balance de materia para el pesado



Balance General

$$H = I$$

$$I = 94.78 \text{ Kg}$$

Balance parcial para sólidos totales

$$H(H_2) = I(I_2)$$

$$94.78(0.9936) = 94.78(I_2)$$

$$94.173 = 94.78(I_2)$$

$$I_2 = 0.9936$$

$$I_{22} = 99.36\%$$

Balance parcial para H_2O

$$H(H_1) = I(I_1)$$

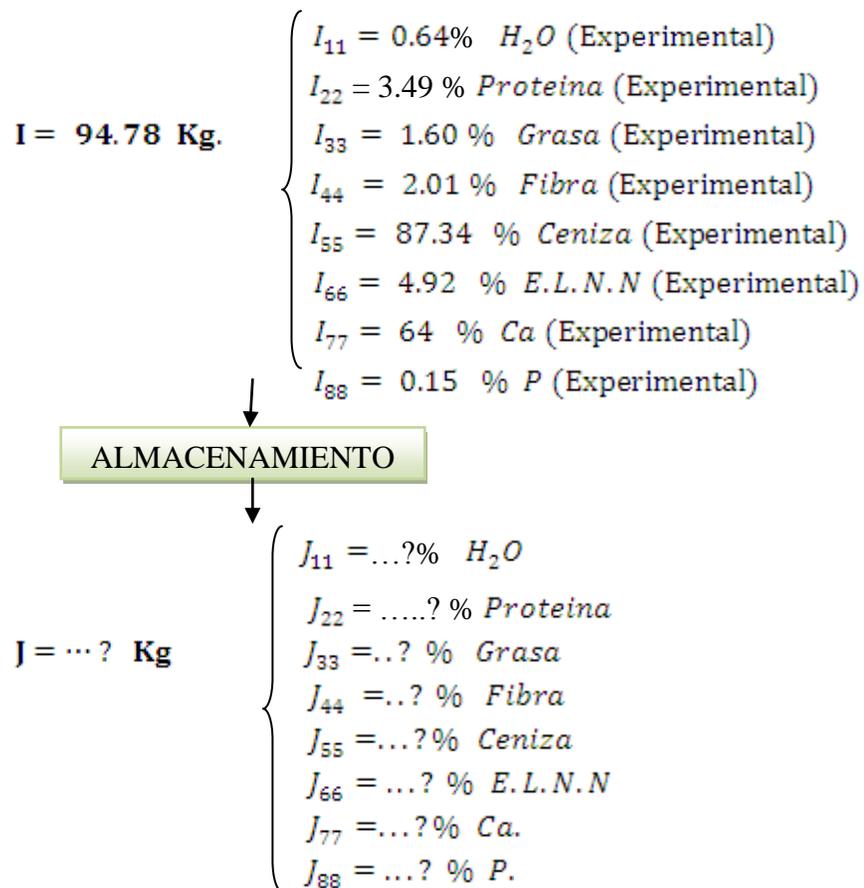
$$94.78 (0.0064) = 94.78(I_1)$$

$$0.606 = 94.78(I_1)$$

$$I_1 = 0.0064$$

$$I_{11} = 0.64\%$$

◆ Balance de materia para el almacenamiento



Balance General

$$I = J$$

$$J = 94.78 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$I(I_1) = J(J_1)$$

$$94.78(0.0064) = 94.78(J_1)$$

$$J_1 = 0.0064$$

$$J_{11} = 0.64 \%$$

Balance parcial para Proteína

$$I(I_2) = J(J_2)$$

$$94.78(0.0349) = 94.78(J_2)$$

$$J_2 = 0.0349$$

$$J_{22} = 3.49 \%$$

Balance parcial para Grasa

$$I(I_3) = J(J_3)$$

$$94.78 (0.016) = 94.78(J_3)$$

$$J_3 = 0.016$$

$$J_{33} = 1.60\%$$

Balance parcial para Fibra

$$I(I_4) = J(J_4)$$

$$94.78(0.0201) = 94.78(J_4)$$

$$J_4 = 0.0201$$

$$J_{44} = 2.01 \%$$

Balance parcial para Ceniza

$$I(I_5) = J(J_5)$$

$$94.78(0.8734) = 94.78(J_5)$$

$$J_5 = 0.8734$$

$$J_{55} = 87.34 \%$$

Balance parcial para E.L.N.N

$$I(I_6) = J(J_6)$$

$$94.78(0.0492) = 94.78(J_6)$$

$$J_6 = 0.0492$$

$$J_{66} = 4.92 \%$$

Balance parcial para Ca

$$I(I_7) = J(J_7)$$

$$94.78(0.64) = 94.78(J_7)$$

$$J_7 = 0.64$$

$$J_{77} = 64 \%$$

Balance parcial para P

$$I(I_8) = J(J_8)$$

$$94.78(0.0015) = 94.78(J_8)$$

$$J_8 = 0.0015$$

$$J_{88} = 0.15 \%$$

4.2. Diagrama de flujo cuantitativo para la elaboración del balanceado

Base de cálculo: 100 Kg.

A NIVEL PILOTO

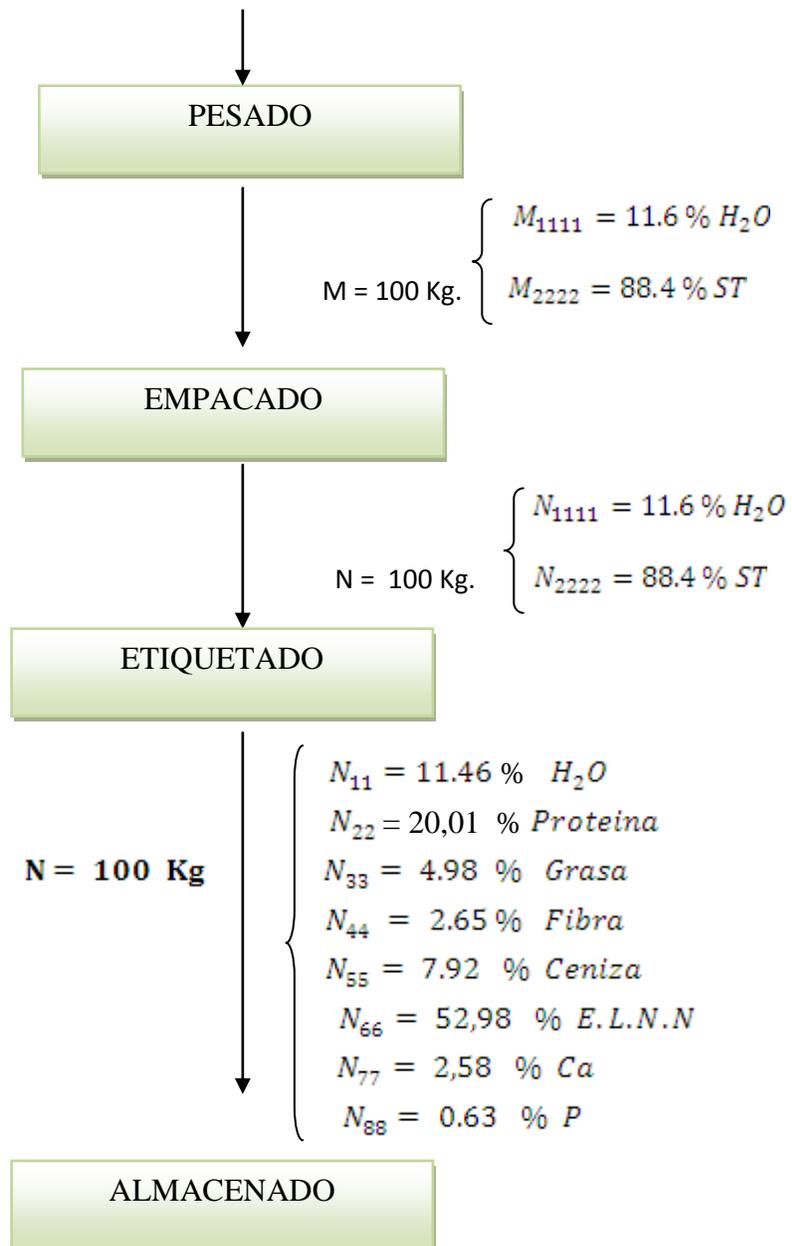
K = 100 Kg.

K_{11}	=Maíz amarillo Nacional	56,780%
K_{22}	=Aceite de Palma	2,330%
K_{33}	=Pasta de Soja	33,430%
K_{44}	=Carbonato de Calcio (Polvo)	0,822%
K_{55}	=Carbonato de Calcio (Grits)	1,981%
K_{66}	=Fosfato Monocálcico Granul.	0,650%
K_{77}	=Hna. Cáscara de huevo (HCH)	3,000%
K_{88}	=Sal común	0,250%
K_{99}	=Premezcla Ponedoras	0,200%
K_{111}	=Fitasa 5000	0,010%
K_{222}	=DL-Metionina	0,140%
K_{333}	=Antifúngico	0,100%
K_{444}	=Antioxidante	0,020%
K_{555}	=Atrapador de micotoxinas	0,250%
K_{666}	=Promotor de crecimiento	0,050%
K_{777}	=Cloruro de colina	0,050%

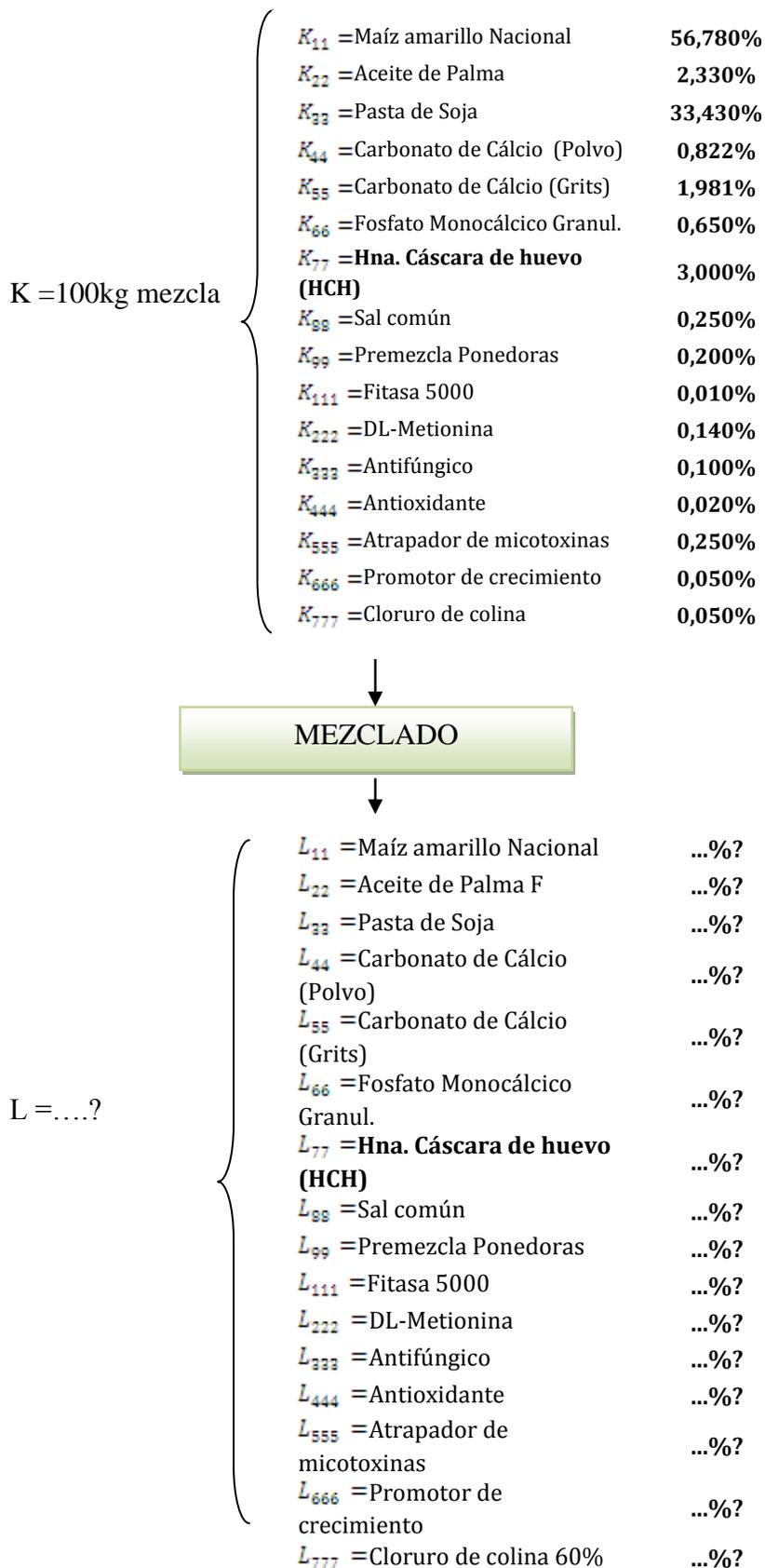


L = 100 Kg.

L_{11}	=Maíz amarillo Nacional	56,780%
L_{22}	=Aceite de Palma	2,330%
L_{33}	=Pasta de Soja	33,430%
L_{44}	=Carbonato de Calcio (Polvo)	0,822%
L_{55}	=Carbonato de Calcio (Grits)	1,981%
L_{66}	=Fosfato Monocálcico Granul.	0,650%
L_{77}	=Hna. Cáscara de huevo (HCH)	3,000%
L_{88}	=Sal común	0,250%
L_{99}	=Premezcla Ponedoras	0,200%
L_{111}	=Fitasa 5000	0,010%
L_{222}	=DL-Metionina	0,140%
L_{333}	=Antifúngico	0,100%
L_{444}	=Antioxidante	0,020%
L_{555}	=Atrapador de micotoxinas	0,250%
L_{666}	=Promotor de crecimiento	0,050%
L_{777}	=Cloruro de colina	0,050%
L_{1111}	= Humedad	11.6 %
L_{2222}	= Sólidos totales	88.4 %



4.2.1. Balance de materia para la elaboración del balanceado



◆ **Balance de materia para el mezclado**

Balance general

$$K = L$$

$$L = 100 \text{ Kg.}$$

Balance parcial para maíz amarillo nacional.

$$K(K_1) = L(L_1)$$

$$100 (0.5678) = 100(L_1)$$

$$L_1 = 56.78/100$$

$$L_1 = 0.5678$$

$$L_{11} = 56.78 \%$$

Balance parcial para aceite de palma

$$K(K_2) = L(L_2)$$

$$100 (0.0233) = 100(L_2)$$

$$L_2 = 2.33/100$$

$$L_2 = 0.0233$$

$$L_{22} = 2.33 \%$$

Balance parcial para pasta de soya

$$K(K_3) = L(L_3)$$

$$100 (0.3343) = 100(L_3)$$

$$L_3 = 33.43/100$$

$$L_3 = 0.3343$$

$$L_{33} = 33.43 \%$$

Balance parcial para carbonato de calcio polvo

$$K(K_4) = L(L_4)$$

$$100 (0.00822) = 100(L_4)$$

$$L_4 = 0.00822/100$$

$$L_4 = 0.00822$$

$$L_{44} = 0.822 \%$$

Balance parcial para carbonato de calcio grits

$$K(K_5) = L(L_5)$$

$$100 (0.01981) = 100(L_5)$$

$$L_5 = 0.01981/100$$

$$L_5 = 0.01981$$

$$L_{55} = 1.981 \%$$

Balance parcial para fosfato monocálcico

$$K(K_6) = L(L_6)$$

$$100 (0.0065) = 100(L_6)$$

$$L_6 = 0.0065/100$$

$$L_6 = 0.0065$$

$$L_{66} = 0.65 \%$$

Balance parcial para harina de cáscara de huevo

$$K(K_7) = L(L_7)$$

$$100 (0.003) = 100(L_7)$$

$$L_7 = 0.003/100$$

$$L_7 = 0.003$$

$$L_{77} = 0.3 \%$$

Balance parcial para sal común

$$K(K_8) = L(L_8)$$

$$100 (0.0025) = 100(L_8)$$

$$L_8 = 0.0025/100$$

$$L_8 = 0.0025$$

$$L_{88} = 0.25 \%$$

Balance parcial para pre mezcla ponedoras

$$K(K_9) = L(L_9)$$

$$100 (0.002) = 100(L_9)$$

$$L_9 = 0.2/100$$

$$L_9 = 0.002$$

$$L_{99} = 0.2 \%$$

Balance parcial para fitasa 5000

$$K(K_{11}) = L(L_{11})$$

$$100 (0.0001) = 100(L_{11})$$

$$L_{11} = 0.01/100$$

$$L_{11} = 0.0001$$

$$L_{111} = 0.01 \%$$

Balance parcial para DL – METIONINA

$$K(K_{22}) = L(L_{22})$$

$$100 (0.0014) = 100(L_{22})$$

$$L_{22} = 0.14/100$$

$$L_{22} = 0.0014$$

$$L_{222} = 0.14 \%$$

Balance parcial para ANTIFUNGICO

$$K(K_{33}) = L(L_{33})$$

$$100 (0.001) = 100(L_{33})$$

$$L_{33} = 0.10/100$$

$$L_{33} = 0.001$$

$$L_{333} = 0.10 \%$$

Balance parcial para ANTIOXIDANTE

$$K(K_{44}) = L(L_{44})$$

$$100 (0.0002) = 100(L_{44})$$

$$L_{44} = 0.02/100$$

$$L_{44} = 0.0002$$

$$L_{444} = 0.02 \%$$

Balance parcial para atrapador de mico toxinas

$$K(K_{55}) = L(L_{55})$$

$$100 (0.025) = 100(L_{55})$$

$$L_{55} = 0.25/100$$

$$L_{55} = 0.025$$

$$L_{555} = 0.25 \%$$

Balance parcial para promotor de crecimiento

$$K(K_{66}) = L(L_{66})$$

$$100 (0.0050) = 100(L_{66})$$

$$L_{66} = 0.05/100$$

$$L_{66} = 0.05$$

$$L_{666} = 0.050 \%$$

Balance parcial para promotor de crecimiento

$$K(K_{77}) = L(L_{77})$$

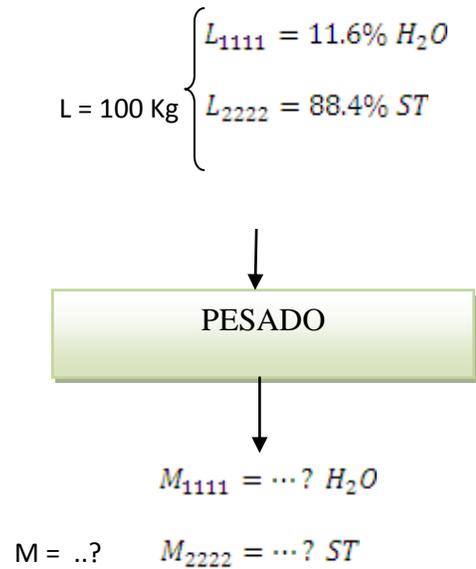
$$100 (0.0050) = 100(L_{77})$$

$$L_{77} = 0.05/100$$

$$L_{77} = 0.05$$

$$L_{777} = 0.050 \%$$

◆ Balance de materia para el pesado



Balance general

$$L = M$$

$$M = 100 \text{ Kg.}$$

Balance parcial para H_2O

$$L (L_{1111}) = M (M_{1111})$$

$$M_{1111} = L (L_{1111}) / M$$

$$M_{1111} = 100 (0.116) / 100$$

$$M_{1111} = 0.116$$

$$M_{1111} = 11.6\%$$

Balance parcial para sólidos totales

$$L (L_{2222}) = M (M_{2222})$$

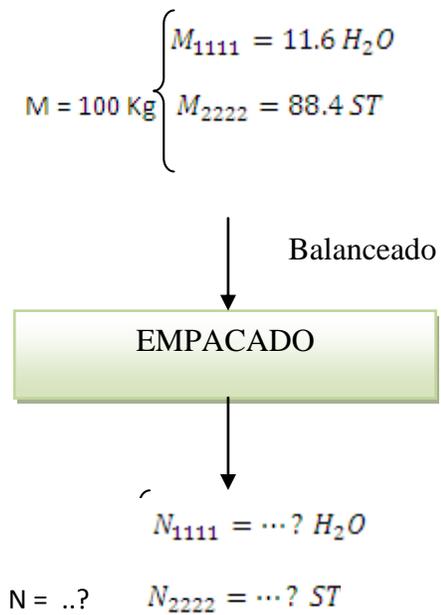
$$M_{2222} = L (L_{2222}) / M$$

$$M_{2222} = 100 (0.884) / 100$$

$$M_{2222} = 0.884$$

$$M_{2222} = 88.4\%$$

◆ Balance de materia para el empacado



Balance general

$$M = N$$

$$N = 100 \text{ Kg.}$$

Balance parcial para H_2O

$$M(M_{1111}) = N(N_{1111})$$

$$N_{1111} = M(M_{1111}) / N$$

$$N_{1111} = 100(0.116) / 100$$

$$N_{1111} = 0.116$$

$$N_{1111} = 11.6\%$$

Balance parcial para sólidos totales

$$M(M_{2222}) = N(N_{2222})$$

$$N_{2222} = M(M_{2222}) / N$$

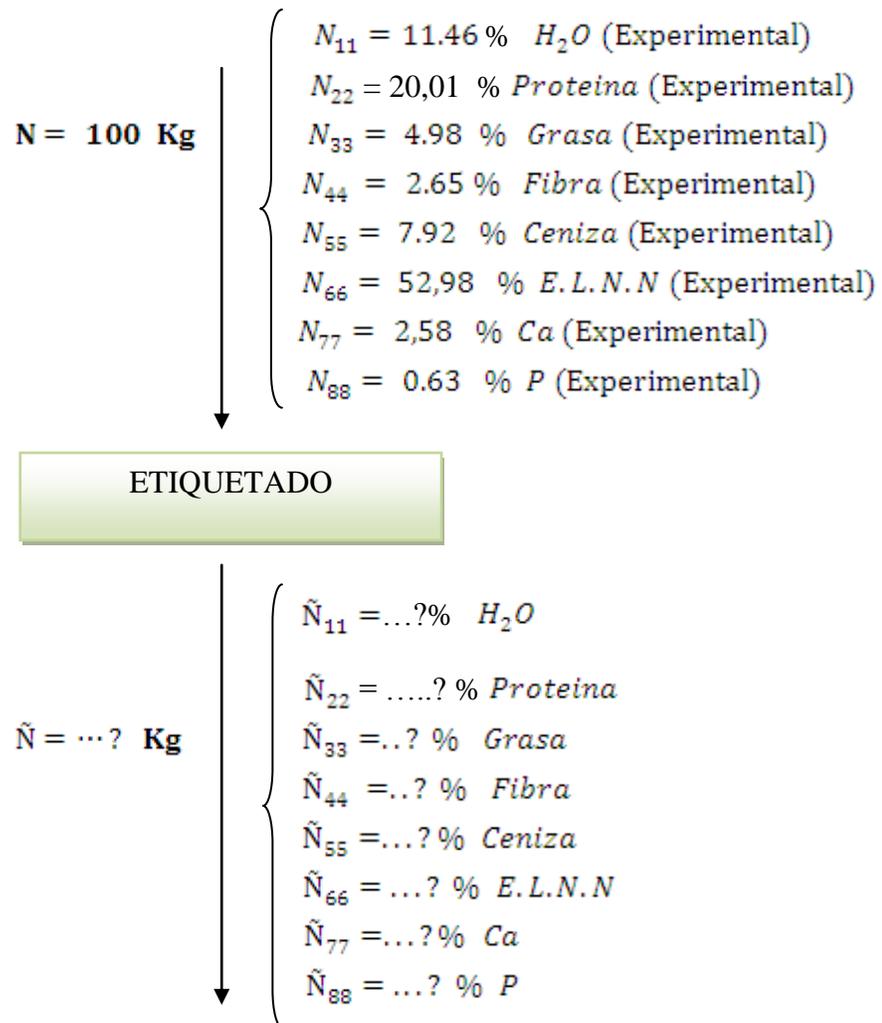
$$N_{2222} = 100(0.884) / 100$$

$$N_{2222} = 0.884$$

$$N_{2222} = 88.4\%$$



Balance de material para el etiquetado



Balance general

$$N = \tilde{N}$$

$$\tilde{N} = 100 \text{ Kg.}$$

Balance parcial para H_2O

$$N(N_1) = \tilde{N}(\tilde{N}_1)$$

$$100 (0.1146) = 100(\tilde{N}_1)$$

$$\tilde{N}_1 = 11.46/100$$

$$\tilde{N}_1 = 0.1146$$

$$\tilde{N}_{11} = 11.46 \%$$

Balance parcial para proteína

$$N(N_2) = \tilde{N}(\tilde{N}_2)$$

$$100 (0.2001) = 100(\tilde{N}_2)$$

$$\tilde{N}_2 = 20.01/100$$

$$\tilde{N}_2 = 0.2001$$

$$\tilde{N}_{22} = 20.01 \%$$

Balance parcial para grasa

$$N(N_3) = \tilde{N}(\tilde{N}_3)$$

$$100 (0.0498) = 100(\tilde{N}_3)$$

$$\tilde{N}_3 = 4.98/100$$

$$\tilde{N}_3 = 0.0498$$

$$\tilde{N}_{33} = 4.98 \%$$

Balance parcial para fibra

$$N(N_4) = \tilde{N}(\tilde{N}_4)$$

$$100 (0.0265) = 100(\tilde{N}_4)$$

$$\tilde{N}_4 = 2.65/100$$

$$\tilde{N}_4 = 0.0265$$

$$\tilde{N}_{44} = 2.65 \%$$

Balance parcial para ceniza

$$N(N_5) = \tilde{N}(\tilde{N}_5)$$

$$100 (0.0792) = 100(\tilde{N}_5)$$

$$\tilde{N}_5 = 7.92/100$$

$$\tilde{N}_5 = 0.0792$$

$$\tilde{N}_{55} = 7.92 \%$$

Balance parcial para $E.L.N.N$

$$N(N_6) = \tilde{N}(\tilde{N}_6)$$

$$100 (0.5298) = 100(\tilde{N}_6)$$

$$\tilde{N}_6 = 52.98/100$$

$$\tilde{N}_6 = 0.5298$$

$$\tilde{N}_{66} = 52.98 \%$$

Balance parcial para Ca.

$$N(N_7) = \tilde{N}(\tilde{N}_7)$$

$$100 (0.0258) = 100(\tilde{N}_7)$$

$$\tilde{N}_7 = 2.58/100$$

$$\tilde{N}_7 = 0.0258$$

$$\tilde{N}_{77} = 2.58 \%$$

Balance parcial para P.

$$N(N_8) = \tilde{N}(\tilde{N}_8)$$

$$100 (0.0063) = 100(\tilde{N}_8)$$

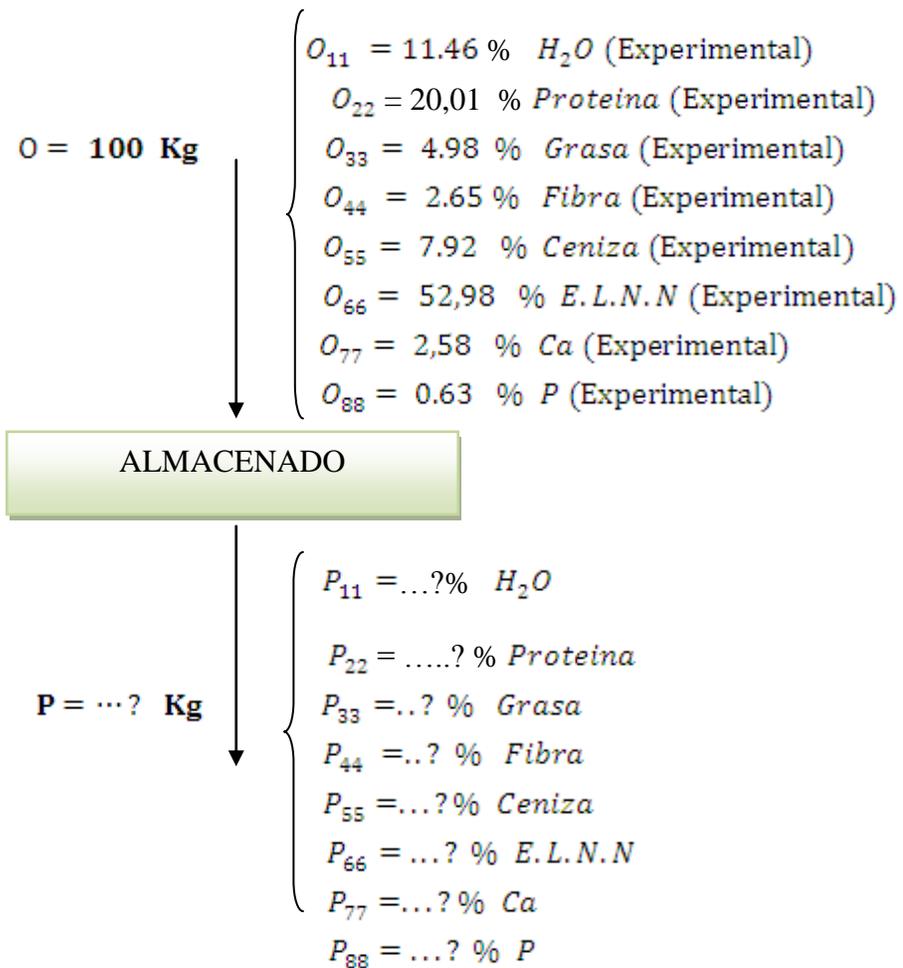
$$\tilde{N}_8 = 0.63/100$$

$$\tilde{N}_8 = 0.0063$$

$$\tilde{N}_{88} = 0.63 \%$$



Balance de material para el almacenado



Balance general

$$O = P$$

$$P = 100 \text{ Kg.}$$

Balance parcial para H_2O

$$O(O_1) = P(P_1)$$

$$100 (0.1146) = 100(P_1)$$

$$P_1 = 11.46/100$$

$$P_1 = 0.1146$$

$$P_{11} = 11.46 \%$$

Balance parcial para proteína

$$O(O_2) = P(P_2)$$

$$100 (0.2001) = 100(P_2)$$

$$P_2 = 20.01/100$$

$$P_2 = 0.2001$$

$$P_{22} = 20.01 \%$$

Balance parcial para grasa

$$O(O_3) = P(P_3)$$

$$100 (0.0498) = 100(P_3)$$

$$P_3 = 4.98/100$$

$$P_3 = 0.0498$$

$$P_{33} = 4.98 \%$$

Balance parcial para fibra

$$O(O_4) = P(P_4)$$

$$100 (0.0265) = 100(P_4)$$

$$P_4 = 2.65/100$$

$$P = 0.0265$$

$$P_{44} = 2.65 \%$$

Balance parcial para ceniza

$$O(O_5) = P(P_5)$$

$$100 (0.0792) = 100(P_5)$$

$$P_5 = 7.92/100$$

$$P_5 = 0.0792$$

$$P_{55} = 7.92 \%$$

Balance parcial para *E.L.N.N*

$$O(O_6) = P(P_6)$$

$$100 (0.5298) = 100(P_6)$$

$$P_6 = 52.98/100$$

$$P_6 = 0.5298$$

$$P_{66} = 52.98 \%$$

Balance parcial para Ca.

$$O(O_7) = P(P_7)$$

$$100 (0.0258) = 100(P_7)$$

$$P_7 = 2.58/100$$

$$P_7 = 0.0258$$

$$P_{77} = 2.58 \%$$

Balance parcial para P.

$$O(O_8) = P(P_8)$$

$$100 (0.0063) = 100(P_8)$$

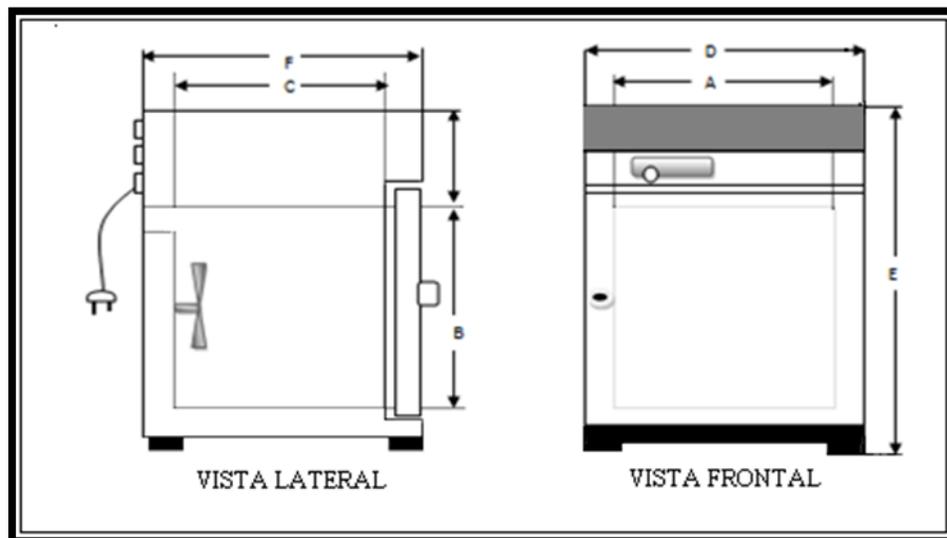
$$P_8 = 0.63/100$$

$$P_8 = 0.0063$$

$$P_{88} = 0.63 \%$$

4.3. Balance de energía del proceso para la obtención de harina de cascara de huevo de gallina a nivel de laboratorio

Gráfico N°. 13
Secador



Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011.

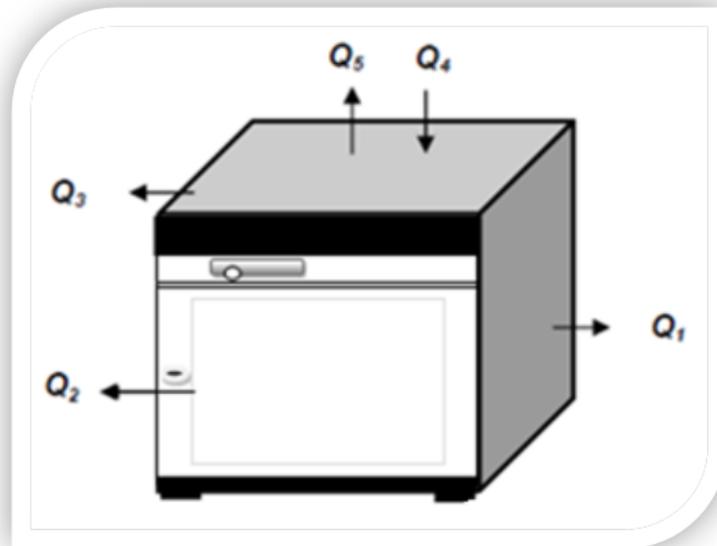
Cuadro N°. 06
Datos técnicos de la estufa

Modelo	400
Anchura de la cámara interior A (mm)	400
Altura de la cámara interior B (mm)	400
Fondo de la cámara interior C (mm)	330
Anchura exterior D (mm)	550
Altura exterior E (mm)	680
Fondo exterior F (mm)	480
Volumen interior (litros)	53
Peso (kg)	35
N° máx. de bandejas	4
Carga máx. por bandeja (kg)	30
Carga máx. total por estufa (kg)	90
Condiciones ambientales	Temperatura ambiente entre 5 °C Y 40 °C Humedad relativa 80%, sin condensar. Grado de contaminación 2.

Fuente: Manual de la estufa typ: SFB 400

4.3.1. Balance de energía del secador

Gráfico N°. 14
Balance de energía del secador



Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

Q_1 =Calor de paredes verticales

Q_2 =Calor de paredes frontal y posterior

Q_3 =Calor de paredes horizontales

Q_4 =Calor que ingresa al sistema

Q_5 = Calor práctico del producto

- **Ecuación general para realizar el balance de energía**

Balance general:

$$Q_5 = Q_4 - Q_3 - Q_2 - Q_1$$

4.3.1.1 Cálculo del calor de paredes verticales

Datos:

$$T_s = 28^\circ\text{C}$$

$$T_\alpha = 25^\circ\text{C}$$

$$L = 0.68 \text{ m}$$

$$T_f = \frac{(T_s + T_\alpha)}{2}$$

Donde:

T_s = Temperatura de la superficie

T_α = Temperatura de la corriente de aire

L = Longitud

$$T_f = \frac{(28 + 25)^\circ\text{C}}{2}$$

$$T_f = 26.5^\circ\text{C} + 273.15 = 299.65^\circ\text{K}$$

- **Coefficiente isobárico**

$$\beta = \frac{1}{T}$$

Donde:

β = Coeficiente isobárico

T = Temperatura

$$\beta = \frac{1}{299.65^\circ\text{K}}$$

$$\beta = 3.337 * 10^{-3}$$

Lecturas tomadas a 299.65°K de la tabla de propiedades del aire para transferencia de calor por convección en la tabla C – 9 del apéndice del libro Fundamentos de la Ingeniería de Alimentos Batty (Anexo 12)

$$G_r = \frac{g\beta(T_s - T_\alpha)\delta^2 L^2}{\mu^2}$$

Donde:

g = Gravedad

β = Coeficiente isobárico de expansión

T_s = Temperatura de la superficie

T_α = Temperatura de la corriente de aire

δ = Densidad

L = Longitud de la pared

M = Viscosidad

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$K = 0.026 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

$\mu = 1.9795 \times 10^{-5} \text{ Kg/m} \cdot \text{s}$

$\delta = 1.1790 \text{ Kg/m}^3$

$Pr = 0.7081$

$$Gr = \frac{g\beta(T_s - T_\alpha)\delta^2 L^2}{\mu^2}$$

Gr

$$= \frac{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 3.337 * 10^{-3} (28 - 25)^\circ\text{C} (1.1790 \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}})^2 0.68^2}{1.9795 * 10^{-5} \text{ Kg/m} \cdot \text{s}^2}$$

$$Gr = 4.6380 * 10^8$$

$$Gr * Pr = 3.2842 * 10^8$$

$$\log_{10} Gr * Pr = 8.52$$

Los valores de Nusselt se leen en la curva de la página 200 del libro de Fundamentos de la Ingeniería de Alimentos de Batty (Anexo 12).

N_u = número de nussel

$$\log_{10} N_u = 1.85$$

$$N_u = 70.79$$

$$N_u = \frac{h * L}{K}$$

Donde:

N_u = Número de Nussel

h = Coeficiente de transferencia de calor

L = Longitud

K = Propiedades del aire

$$h = \frac{N_u * K}{L}$$

$$h = \frac{70.79 * 0.026 \text{ W/m.}^\circ\text{C}}{0.68\text{m}}$$

$$h = 2.7067 \text{ W/m}^2\text{}^\circ\text{C}$$

- **Área de las paredes verticales**

$$A = b * a$$

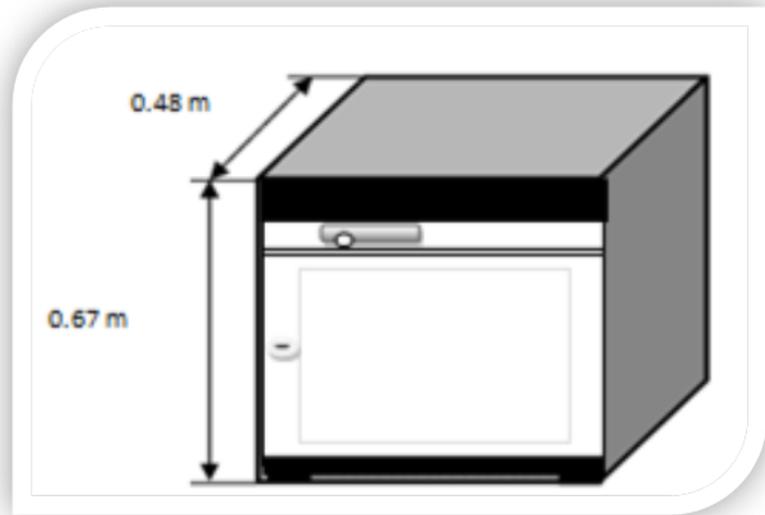
Donde:

A= área

b = base

a = altura

Gráfico N°. 15
Área de las paredes verticales del secador



Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

$$A = b \times a$$

$$A = (0.48\text{m} \times 0.67\text{ m}) \times 2$$

$$A = 0.6432\text{m}^2$$

- **Calor de las paredes verticales**

$$\Delta T = (65 - 25)^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 40^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = h \times A \times \Delta T$$

$$Q_1 = 2.7067\text{W}/\text{m}^2\text{°C} \times 0.6432\text{m}^2 \times 40^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 69.64\text{W}$$

4.3.1.2. Cálculo del calor de las paredes frontal y posterior

Datos:

$$T_s = 28^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 25^\circ\text{C}$$

$$L = 0.55 \text{ m}$$

$$T_f = \frac{(T_s + T_\infty)}{2}$$

Donde:

T_s = Temperatura de la superficie

T_∞ = Temperatura de la corriente de aire

L = Longitud

$$T_f = \frac{(28 + 25)^\circ\text{C}}{2}$$

$$T_f = 26.5^\circ\text{C} + 273.15 = 299.65^\circ\text{K}$$

- **Coefficiente isobárico**

$$\beta = \frac{1}{T}$$

Donde:

β = Coeficiente isobárico

T = Temperatura

$$\beta = \frac{1}{299.65^\circ\text{K}}$$

$$\beta = 3.337 * 10^{-3}$$

Lecturas tomadas a 299.65°K de la tabla de propiedades del aire para transferencia de calor por convección en la tabla C – 9 del apéndice del libro Fundamentos de la Ingeniería de Alimentos Batty (Anexo 12)

$$G_r = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)\delta^2 L^2}{\mu^2}$$

Donde:

g = Gravedad

β = Coeficiente isobárico de expansión

T_s = Temperatura de la superficie

T_α = Temperatura de la corriente de aire

δ = Densidad

L = Longitud de la pared

M = Viscosidad

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$K = 0.026 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

$\mu = 1.9795 \times 10^{-5} \text{ Kg/m} \cdot \text{s}$

$\delta = 1.1790 \text{ Kg/m}^3$

$Pr = 0.7081$

$$Gr = \frac{g\beta(T_s - T_\alpha)\delta^2 L^2}{\mu^2}$$

Gr

$$= \frac{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 3.337 * 10^{-3} (28 - 25)^\circ\text{C} (1.1790 \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}})^2 0.55^2}{1.9795 \times 10^{-5} \text{ Kg/m} \cdot \text{s}^2}$$

$$Gr = 10.528 * 10^7$$

$$Gr * Pr = 7.4548 * 10^7$$

$$\log_{10} Gr * Pr = 7.87$$

Los valores de Nusselt se leen en la curva de la página 200 del libro de Fundamentos de la Ingeniería de Alimentos de Batty (Anexo 14).

$$N_u = \text{número de nussel}$$

$$\log_{10} N_u = 1.75$$

$$N_u = 56.23$$

$$N_u = \frac{h * L}{K}$$

Donde:

N_u = Número de Nussel

h = Coeficiente de transferencia de calor

L = Longitud

K = Propiedades del aire

$$h = \frac{N_u * K}{L}$$

$$h = \frac{56.23 * 0.026 \text{ W/m.}^\circ\text{C}}{0.55\text{m}}$$

$$h = 2.6581 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

- **Área de las paredes frontal y posterior del secador**

$$A = b * a$$

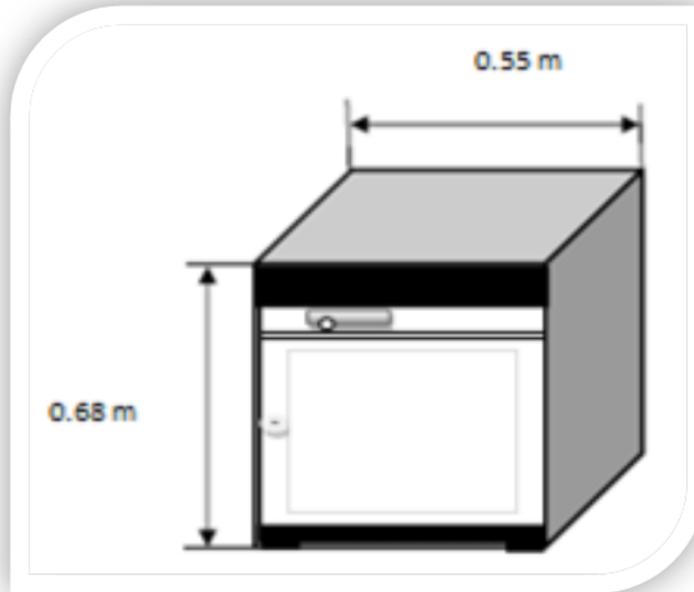
Donde:

A = área

b = base

a = altura

Gráfico N°. 16
 Área de las paredes Frontal y posterior del secador



Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

$$A = b \times a$$

$$A = (0.55\text{m} \times 0.68\text{ m}) \times 2$$

$$A = 0.748\text{ m}^2$$

- **Calor de las paredes Frontal y posterior**

$$\Delta T = (65 - 25)^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 40^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = h \times A \times \Delta T$$

$$Q_2 = 2.6581\text{ W/m}^2\text{C} \times 0.748\text{m}^2 \times 40^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = 79.53\text{ W}$$

4.3.1.3. Cálculo del calor de las paredes horizontales

Datos:

$$T_s = 28^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 25^\circ\text{C}$$

$$L = 0.48 \text{ m}$$

$$T_f = \frac{(T_s + T_\infty)}{2}$$

Donde:

T_s = Temperatura de la superficie

T_∞ = Temperatura de la corriente de aire

L = Longitud

$$T_f = \frac{(28 + 25)^\circ\text{C}}{2}$$

$$T_f = 26.5^\circ\text{C} + 273.15 = 299.65^\circ\text{K}$$

- **Coefficiente isobárico**

$$\beta = \frac{1}{T}$$

Donde:

β = Coeficiente isobárico

T = Temperatura

$$\beta = \frac{1}{299.65^\circ\text{K}}$$

$$\beta = 3.337 * 10^{-3}$$

Lecturas tomadas a 299.65°K de la tabla de propiedades del aire para transferencia de calor por convección en la tabla C – 9 del apéndice del libro Fundamentos de la Ingeniería de Alimentos Batty (Anexo 12)

$$G_r = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)\delta^2 L^2}{\mu^2}$$

Donde:

g = Gravedad

β = Coeficiente isobárico de expansión

T_s = Temperatura de la superficie

T_α = Temperatura de la corriente de aire

δ = Densidad

L = Longitud de la pared

M = Viscosidad

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$K = 0.026 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

$\mu = 1.9795 \times 10^{-5} \text{ Kg/m} \cdot \text{s}$

$\delta = 1.1790 \text{ Kg/m}^3$

$Pr = 0.7081$

$$G_r = \frac{g\beta(T_s - T_\alpha)\delta^2 L^2}{\mu^2}$$

$$G_r = \frac{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 3.337 * 10^{-3} (28 - 25)^\circ\text{C} (1.1790 \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}})^2 0.48^2}{1.9795 * 10^{-5} \text{ Kg/m} \cdot \text{s}^2}$$

$$G_r = 8.0187 * 10^7$$

$$G_r * Pr = 5.678 * 10^7$$

$$\log_{10} Gr * Pr = 7.75$$

Los valores de Nusselt se leen en la curva de la página 200 del libro de Fundamentos de la Ingeniería de Alimentos de Batty (Anexo 14).

$N_u = \text{numero de nussel}$

$$\log_{10} N_u = 1.72$$

$$N_u = 52.48$$

$$N_u = \frac{h * L}{K}$$

Donde:

N_u = Número de Nussel

h = Coeficiente de transferencia de calor

L = Longitud

K = Propiedades del aire

$$h = \frac{N_u * K}{L}$$

$$h = \frac{52.48 * 0.026 \text{ W/m.}^\circ\text{C}}{0.48\text{m}}$$

$$h = 2.8427 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

- **Área de las paredes horizontales**

$$A = b * a$$

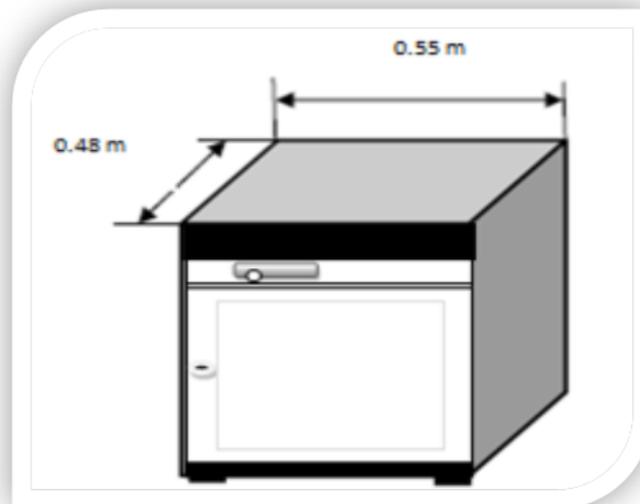
Donde:

A = área

b = base

a = altura

Gráfico N°. 17
Área de las paredes horizontales



Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

$$A = b \times a$$

$$A = (0.55\text{m} \times 0.48\text{ m}) \times 2$$

$$A = 0.528\text{m}^2$$

- **Calor de las paredes horizontales**

$$\Delta T = (65 - 25)^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 40^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = h * A * \Delta T$$

$$Q_3 = 2.8427\text{W}/\text{m}^2\text{C} * 0.528\text{m}^2 * 40^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = 60.04\text{ W}$$

4.3.1.4. Cálculo de la cantidad de energía que ingresa al secador

Datos:

$$\text{Vol.} = 100\text{vol}$$

$$\text{Amp} = 3\text{ amp}$$

$$\text{Tiempo con energía} = 40\text{ min}$$

$$\text{Eficiencia del secador} = 80\%$$

$$Q_4 = \text{vol} * \text{amp}$$

$$Q_4 = (100 * 3)\text{W}$$

$$Q_4 = (300\text{ W}) + 20\%$$

$$Q_4 = 360\text{ W}$$

4.3.1.5. Cálculo del calor práctico del producto

Balance general

$$Q_5 = Q_4 - Q_3 - Q_2 - Q_1$$

$$Q_5 = (360 - 60.04 - 79.53 - 69.64)W$$

$$Q_5 = 150.79 W$$

4.3.1.6. Cálculo del calor teórico del producto

- **Calor específico de la harina de huevo de gallina**

Datos:

$$\% \text{ Humedad} = 0.64 \%$$

$$\% \text{ sólidos} = 99.36 \%$$

$$C_p \text{ agua} = 4.19 \text{ KJ / Kg. } ^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ Solido} = 1.38 \text{ KJ / Kg. } ^\circ\text{C}$$

$$Cp_{\text{harina}} = \frac{M_{H_2O}}{M} * C_p H_2O + \frac{M_{\text{solido}}}{M} C_p \text{ Solido}$$

$$Cp_{\text{harina}} = \frac{0.64}{100} * 4.19 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C} + \frac{99.36}{100} * 1.38 \text{ KJ / Kg. } ^\circ\text{C}$$

$$Cp_{\text{harina}} = 1.3980 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C}$$

- **Calor sensible**

Datos:

$$M = 1.9563 \text{ kg}/0.67 \text{ h} = 2.92 \text{ Kg/h}$$

$$C_{p_{\text{harina}}} = 1.3980 \text{ KJ/Kg.}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$$

$$Q_s = M * C_p * \Delta T$$

$$Q_s = 2.92 \text{ Kg/h} * 1.3980 \text{ KJ/Kg.}^{\circ}\text{C} * 40^{\circ}\text{C}$$

$$Q_s = 163.2864 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0.04536 \text{ KW} * \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ KW}}$$

$$Q_s = 45.36 \text{ W}$$

- **Calor latente**

Datos:

$$M_{\text{agua}} = 0.0677 \text{ kg}/0.67 \text{ h} = 0.101 \text{ kg/h}$$

$$h_{fg_{65^{\circ}\text{C}}} = 2346.2 \text{ KJ/Kg}$$

$$Q_l = M_{\text{agua}} * h_{fg_{65^{\circ}\text{C}}}$$

$$Q_l = 0.101 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 2346.2 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q_l = 236.9662 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0.06582 \text{ KW} * \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ KW}}$$

$$Q_l = 65.82 \text{ W}$$

- **Calor total teórico del producto**

$$Q_T = (Q_s + Q_{s'}) + 20\%$$

$$Q_T = (45.36 + 65.82)W + 20\%$$

$$Q_T = 111.18 W + 20\%$$

$$Q_T = 150.79 W$$

4.3.1.7. Porcentaje de eficiencia del secador

$$\%E = \frac{\text{Calor teórico del producto}}{\text{calor práctico del producto}} * 100$$

$$\%E = \frac{133.42 W}{150.79W} * 100$$

$$\%E = 88.48 \%$$

4.3.1.8. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor a nivel de laboratorio

Área de la superficie de las bandejas utilizadas para secar

$$A = b * h(\text{Batty, 1990})$$

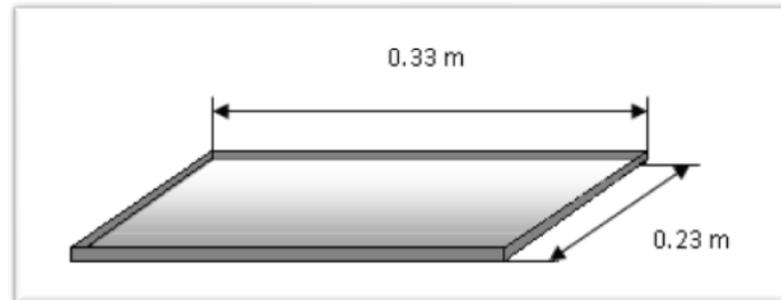
Donde

A = Área

b = Base

h = Altura

Gráfico N°. 18
Área de las bandejas del secador



Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

$$A = (0.33 * 0.23)m$$

$$A = 0.0759 \text{ m}^2$$

$$A = 0.0759 \text{ m}^2 * 4 \text{ bandejas}$$

$$A = 0.3036 \text{ m}^2$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T}$$

$$U = \frac{150.79 \text{ W}}{0.0759 \text{ m}^2 * 40^\circ\text{C}}$$

$$U = 49.67 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}}$$

4.4. Curva de secado de la cáscara de huevo de gallina

Cuadro N°. 07
Datos experimentales para la curva de secado (65° C) de la cáscara de huevo

Tiempo (min)	Muestra (Kg)	H2O Evaporada (kg)	H2O Total	XT Perdida de humedad (kg)	X Cantidad de humedad kg H2O /Kg m.s	Contenido de humedad mediakgH2O/kg ms	velocidad kgH2O/hrm2
0,0	0,99223						
5,0	0,98191	0,01032					
10,0	0,98148	0,00043	0,01075	0,00692	0,00710		
15,0	0,98146	0,00002	0,01077	0,00690	0,00708	0,00709	0,00081
20,0	0,98119	0,00027	0,01104	0,00663	0,00680	0,00694	0,01089
25,0	0,98111	0,00008	0,01112	0,00655	0,00672	0,00676	0,00323
30,0	0,98109	0,00002	0,01114	0,00653	0,00670	0,00671	0,00081
35,0	0,98100	0,00009	0,01123	0,00644	0,00661	0,00665	0,00363
40,0	0,98084	0,00016	0,01139	0,00628	0,00644	0,00653	0,00645

Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

- **Datos y cálculos de laboratorio**

Producto húmedo: 0.96% H_2O

Producto seco: 0.64 % H_2O

- **Peso inicial de agua**

Peso inicial de H_2O = Peso de H_2O eliminada + Peso H_2O de la masa seca

Peso de H_2O eliminada = Peso muestra húmeda - Peso muestra seca

Peso de H_2O eliminada = 0.99223 - 0.98084

Peso de H_2O eliminada = 0.01139

- **Peso de agua de la masa seca**

$$\text{Peso H}_2\text{O de masa seca} = \text{Peso de masa seca} * \% \text{H}_2\text{O de masa seca}$$

$$\text{Peso H}_2\text{O de masa seca} = 0.98084 * 0.0064$$

$$\text{Peso H}_2\text{O de masa seca} = 0.00628 \text{ Kg H}_2\text{O}$$

$$\text{Peso inicial de H}_2\text{O} = \text{Peso de H}_2\text{O eliminada} + \text{Peso H}_2\text{O de la masa seca}$$

$$\text{Peso inicial de H}_2\text{O} = 0.01139 + 0.00628$$

$$\text{Peso inicial de H}_2\text{O} = 0.01767 \text{ Kg.}$$

- **Peso de la muestra seca**

$$\text{Peso de la materia seca} = \text{peso del producto seco} - \text{peso del H}_2\text{O del producto seco}$$

$$\text{Peso de la materia seca} = 0.98084 - 0.00628$$

$$\text{Peso de la materia seca} = 0.97456 \text{ Kg.}$$

- **Porcentaje de humedad inicial**

$$\% \text{ humedad inicial del producto} = \frac{\text{peso inicial del H}_2\text{O}}{\text{peso de la muestra humeda}} * 100$$

$$\% \text{ humedad inicial del producto} = \frac{0.01767 \text{ Kg.}}{0.99223 \text{ kg}} * 100$$

$$\% \text{ humedad inicial del producto} = 1.78 \%$$

- **Porcentaje de humedad final**

$$\% \text{ humedad final del producto} = \frac{\text{peso del H}_2\text{O muestra seca}}{\text{peso del producto seco}} * 100$$

$$\% \text{ humedad final del producto} = \frac{0.00628 \text{ Kg}}{(0.99223 - 0.01139)} * 100$$

$$\% \text{ humedad final del producto} = 0.64\%$$

4.4.1. Pérdida de humedad

$$XT = \text{Peso inicial del H}_2\text{O} - \text{Perdidad de humedad}$$

Cuadro N°. 08
Pérdida de humedad (XT) de la cáscara de huevo de gallina

Tiempo (Hrs)	Peso inicial del H2O	PERDIDA DE HUMEDAD	Humedad total Kg de H2O
10,0	0,01767	0,01075	0,00692
15,0	0,01767	0,01077	0,00690
20,0	0,01767	0,01104	0,00663
25,0	0,01767	0,01112	0,00655
30,0	0,01767	0,01114	0,00653
35,0	0,01767	0,01123	0,00644
40,0	0,01767	0,01139	0,00628

Fuente: Murillo, Gina/UTE; 2011

4.4.2. Contenido de humedad

$$\text{Contenido de humedad (X)} = \frac{\text{Humedad total XT}}{\text{Masa total seca}}$$

$$\text{Contenido de humedad (X)} = \frac{0,00692}{0,97456}$$

$$\text{Contenido de humedad (X)} = 0,0071 \text{ kg H}_2\text{O /Kg m.s}$$

4.4.3. Velocidad de secado

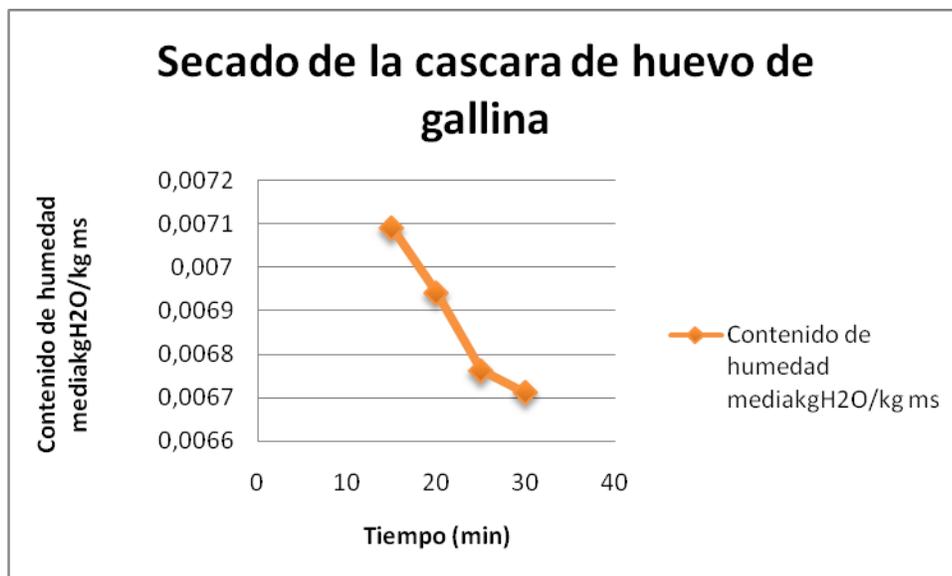
$$v = \frac{X_{T1} - X_{T2}}{\text{Tiempo (hrs)} * A (m^2)}$$

Cuadro N°. 09
Velocidad de secado

Tiempo (min)	Fórmula	Velocidad de secado (kgH ₂ O/hrm ²)
15	$v1 = (0.00692 - 0.00690) / (0.08 * 0.31)$	0,00081
20	$v2 = (0.00690 - 0.00663) / (0.08 * 0.31)$	0,01089
25	$v3 = (0.00663 - 0.00655) / (0.08 * 0.31)$	0,00323
30	$v4 = (0.00655 - 0.00653) / (0.08 * 0.31)$	0,00081
35	$v3 = (0.00653 - 0.00644) / (0.08 * 0.31)$	0,00363
40	$v4 = (0.00644 - 0.00628) / (0.08 * 0.31)$	0,00645

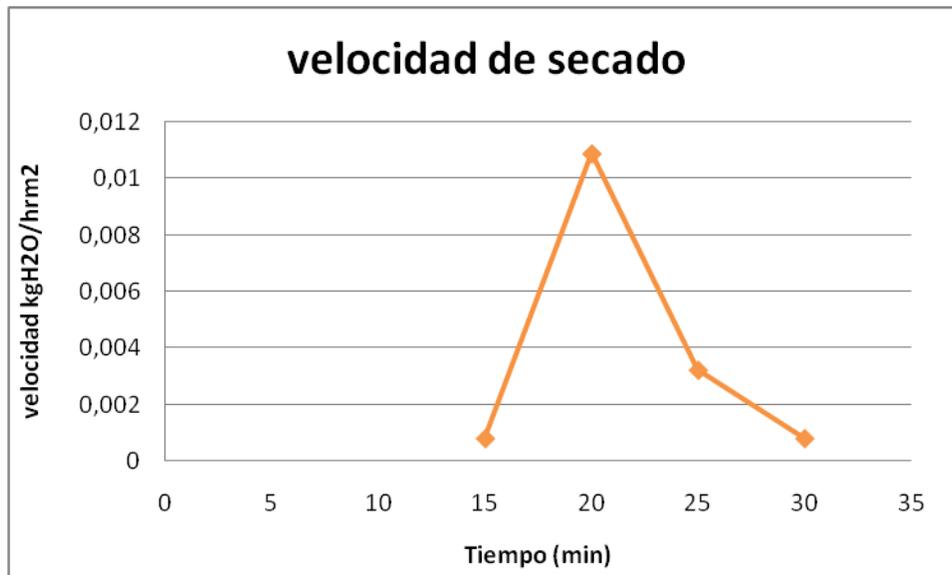
Fuente: Murillo, Gina; UTE/ 2011

Gráfico N. 19
Curva de secado de la cáscara de huevo de gallina



Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

Gráfico N°. 20
Velocidad de secado de la cáscara de huevo



Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

4.5. Rendimiento

4.5.1. Rendimiento de la harina de cáscara de huevo de gallina

Cuadro N°. 10
Rendimiento de la harina de cáscara de huevo de gallina

Kilogramos de cascara de huevo que ingresa = 2,024kg

Kilogramos de harina que se obtiene = 1,9183 kg

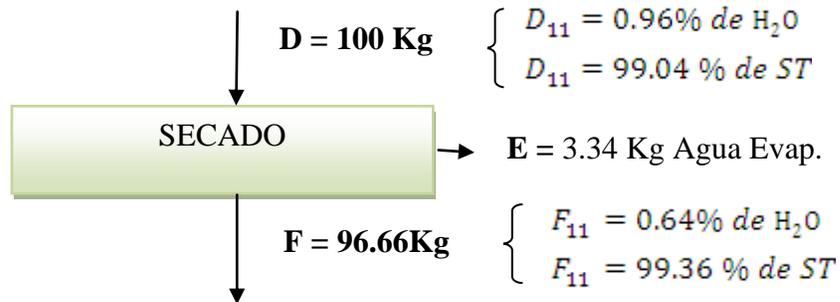
$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{kilogramos de harina obtenida}}{\text{kilogramos de cascara de huevo que ingresa}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1,9183\text{kg}}{2,024\text{kg}} * 100$$

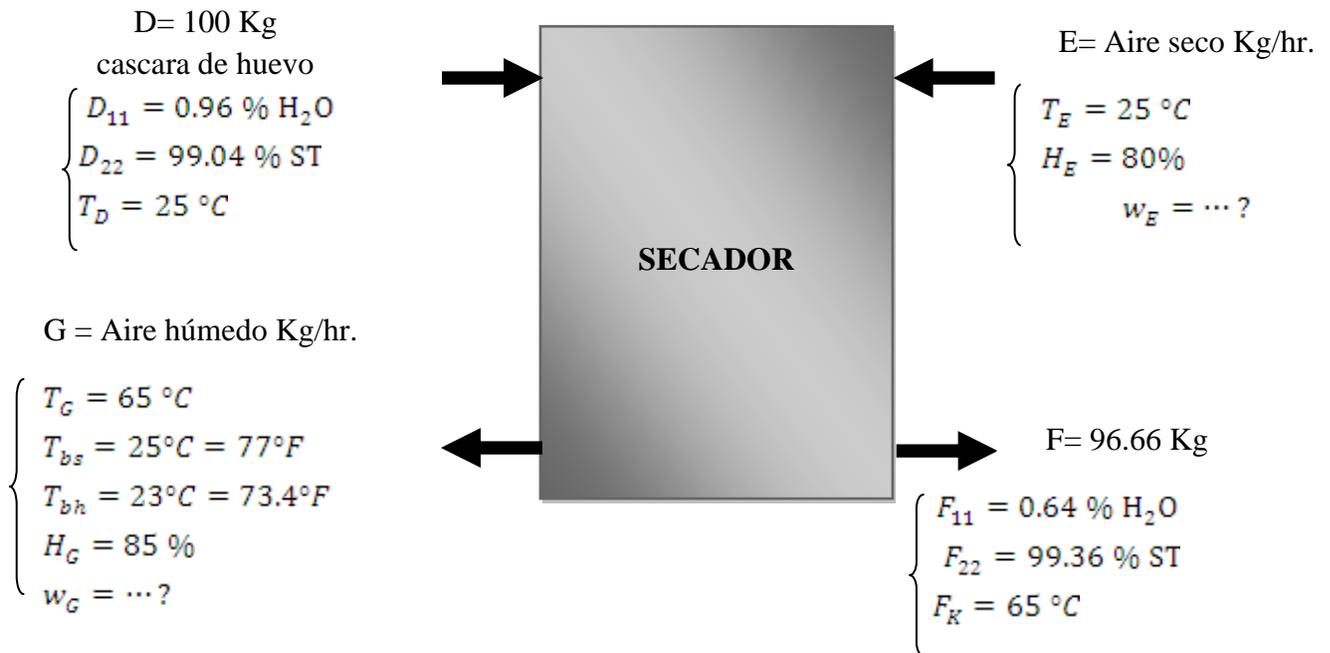
$$\text{Rendimiento} = 94.78 \%$$

4.6. Diseño del secador a nivel piloto

4.6.1. Área de transferencia de calor a nivel piloto



4.6.2. Flujo másico de aire



4.6.2.1. Cálculo de la humedad absoluta del aire que ingresa w_E

$$\phi_L = \frac{P_V}{P_g} = 0.80$$

$$P_g(25^\circ\text{C}) = 3.169 \text{ KPa.}$$

$$P_V = P_g * \phi_L$$

$$P_V = 3.169 \text{ KPa} * 0.80$$

$$P_V = 2.5352 \text{ KPa}$$

$$w_E = 0.622 \frac{P_V}{P - P_V}$$

$$w_E = 0.622 \frac{2.5352}{101.3 - 2.5352}$$

$$w_E = 0.0160 \text{ KgH}_2\text{O/Kg aire seco}$$

4.6.2.2. Cálculo de la humedad absoluta del aire que sale w_G

$$\phi_L = \frac{P_V}{P_g} = 0.85$$

$$P_g(65^\circ\text{C}) = 25.03 \text{ KPa.}$$

$$P_V = P_g * \phi_L$$

$$P_V = 25.03 \text{ KPa} * 0.85$$

$$P_V = 21.2755 \text{ KPa}$$

$$w_M = 0.622 \frac{P_V}{P - P_V}$$

$$w_G = 0.622 \frac{21.2755}{101.3 - 21.2755}$$

$$w_G = 0.1654 \text{ KgH}_2\text{O/Kg aire seco}$$

4.6.2.3. Balance húmedo del sistema

- **Balance general**

$$D + E = F + G$$

$$100 + E = 96.66 + G$$

$$100 - 96.66 = G - E$$

$$3.34 + E = G$$

$$E = G - 3.34$$

- **Balance de agua**

$$D(w_D) + E(w_E) = F(w_F) + G(w_G)$$

$$100(0.0096) + (G - 96.66)(0.0160) = 96.66(0.0064) + G(0.1654)$$

$$0.96 + 0.0160G - 1.54656 = 0.618624 + 0.1654G$$

$$-0.1494 G = -93.834816$$

$$G = 628.08 \text{ Kg aire húmedo}$$

Por lo tanto

$$E = 628.08 - 3.34$$

$$E = 624.74 \text{ kg aire seco}$$

4.6.2.4. Cantidad de calor total del secador

$$Q = M_{pe} C_{pe} (T_{pe} - T_{pi}) + M_a (C_a (T_{ae} - T_{ai}) + w_{ai} (h_{ve} - h_{vi})) + M_{evap} (h_{ve} - h_{li}) + Q_{perdido}$$

¹⁹

Datos

Q = transferencia de calor que se necesita

M_{pe} = velocidad de flujo de la masa del producto que sale del sistema = 96.66 Kg

C_{pe} = calor específico del producto a la salida = 1.3980 KJ/Kg. °C

T_{pe} = temperatura del producto a la salida = 65 °C

T_{pi} = temperatura del producto a la entrada = 25 °C

M_a = velocidad de flujo de masa del aire seco a la entrada del secador
= 624.74 kg aire seco

C_a = calor específico a presión constante del aire seco = 1.0035 $\frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C}$

T_{ae} = temperatura del aire a la salida = 65 °C

T_{ai} = temperatura del aire a la entrada = 25 °C

w_{ai} = humedad absoluta del aire que entra al secador
= 0.0160 KgH₂O/Kg aire seco

h_{ve} = entalpía del vapor de agua en la salida del aire = 2 618.3 KJ/Kg

h_{vi} = entalpía del vapor de agua en la entrada del aire = 2547.2 KJ/Kg

M_{evap} = velocidad de evaporación dentro del secador = 3.34 Kg agua evaporada

h_{li} = entalpía del agua líquida en la entrada del producto = 104.89 KJ/Kg

$Q_{perdido}$ = pérdida del calor a través de las paredes por fuga del aire

$$Q = 96.66 \text{ Kg} * 1.3980 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C} (65 - 25)^\circ C + 624.74 \text{ Kg aire seco} \left(1.0035 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C} (65 - 25)^\circ C + 0.0160 \frac{KgH_2O}{Kg \text{ aire seco}} (2 618.3 - 2 547.2) \frac{KJ}{Kg} \right) + 3.34 \text{ Kg agua evaporada} (2 618.3 - 104.89) \frac{KJ}{Kg} + Q_{perdido}$$

$$Q = (5 405.2272 \text{ KJ} + 25 787.7678 \text{ KJ} + 8 394.7894 \text{ KJ}) + Q_{perdido}$$

$$Q = 39 587.78 \text{ KJ} + 20\%$$

¹⁹ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990.

$$Q = 47\,505.336 \text{ KJ}$$

$$Q = 47\,505.336 \frac{\text{KJ}}{40 \text{ Min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ KJ}}$$

$$Q = 19\,793.89 \text{ W}$$

4.6.2.5. Cálculo del área

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$A = \frac{Q}{U * \Delta T}$$

$$A = \frac{19\,793.89 \text{ W}}{49.67 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} * 40^\circ\text{C}} = 9.96 \text{ m}^2$$

4.6.2.6. Dimensionamiento de las bandejas

$$A = \frac{9.96 \text{ m}^2}{12 \text{ bandejas}} = 0.83 \text{ m}^2 \text{ área de cada bandeja}$$

$$A = L^2$$

$$L = \sqrt{A}$$

$$L = \sqrt{0.83 \text{ m}^2}$$

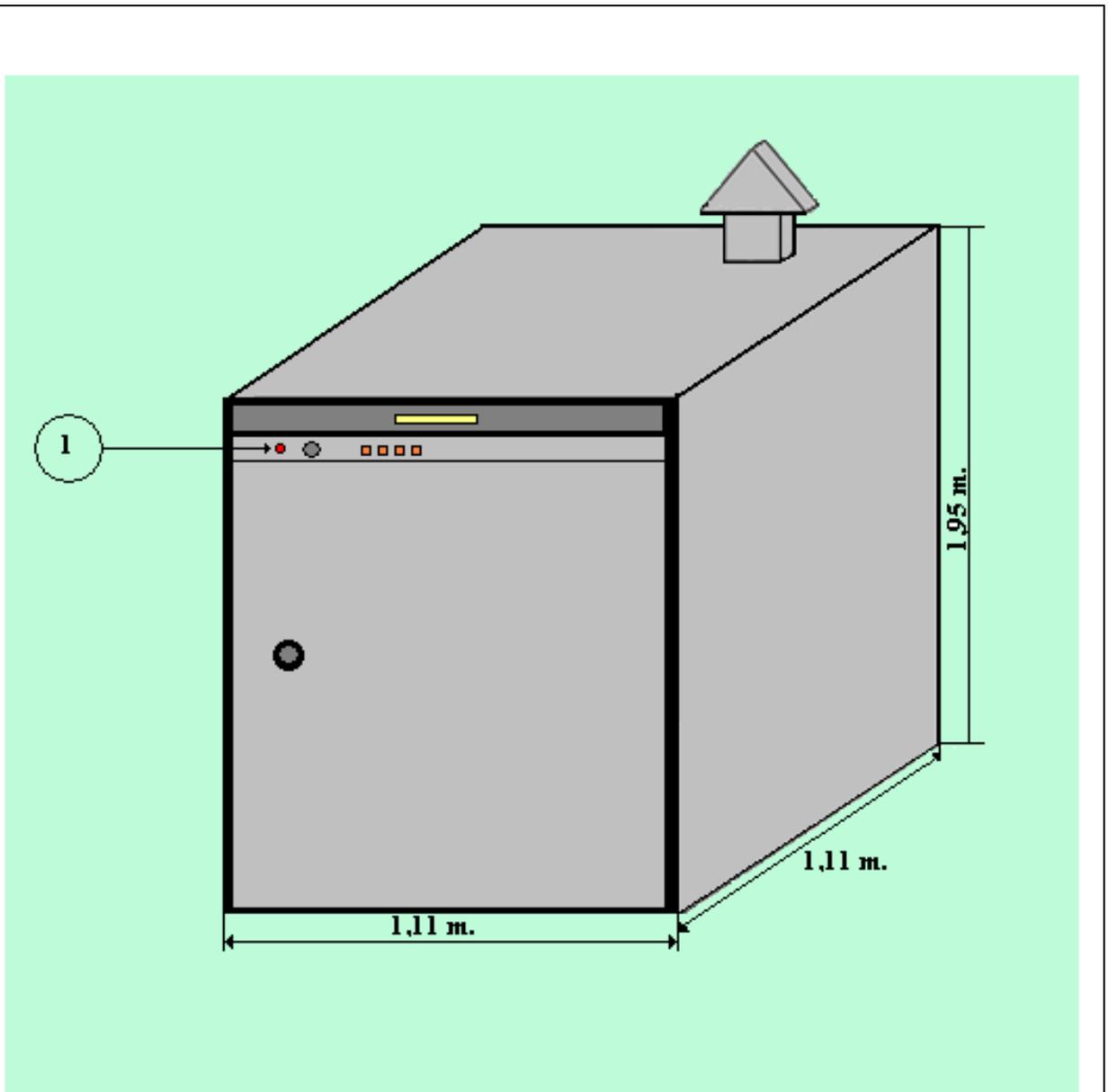
$$L = 0.91 \text{ m}$$

• **Dimensionamiento de cada bandeja** = 0.91 m largo * 0.91 m de ancho.

• **Cantidad de materia prima en cada bandeja**

$$\text{MP(I)} = \frac{100 \text{ Kg}}{12 \text{ bandejas}}$$

$$\text{MP(I)} = 8.33 \text{ Kg por bandeja}$$



Simbología:

1. Controles de Temperatura y tiempo (min)

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Diseño: Murillo Gina

Dibujó: Murillo Gina

Aprobó: Ing. Buitrón.

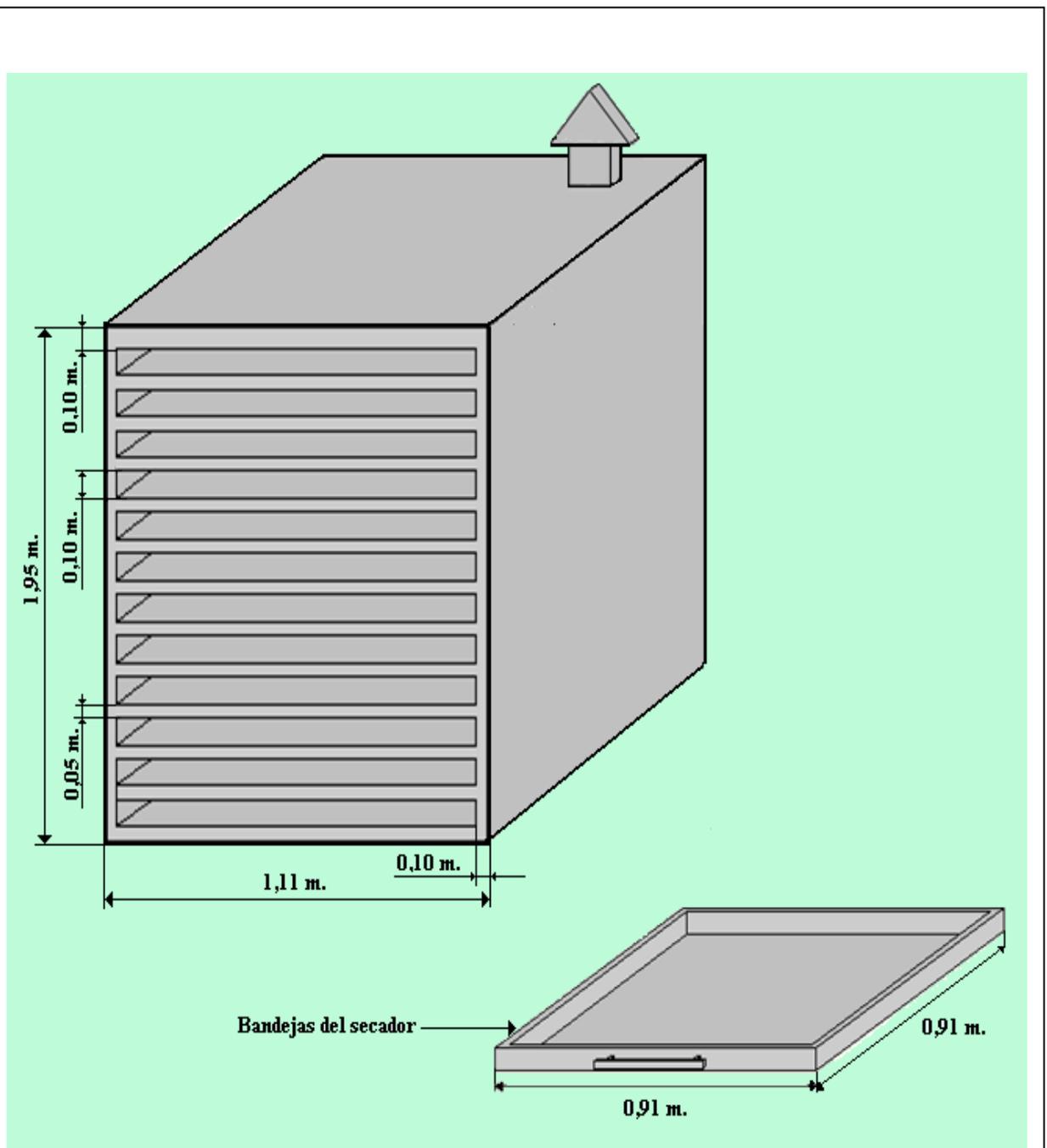
**VISTA FRONTAL
DEL SECADOR**

A NIVEL PILOTO

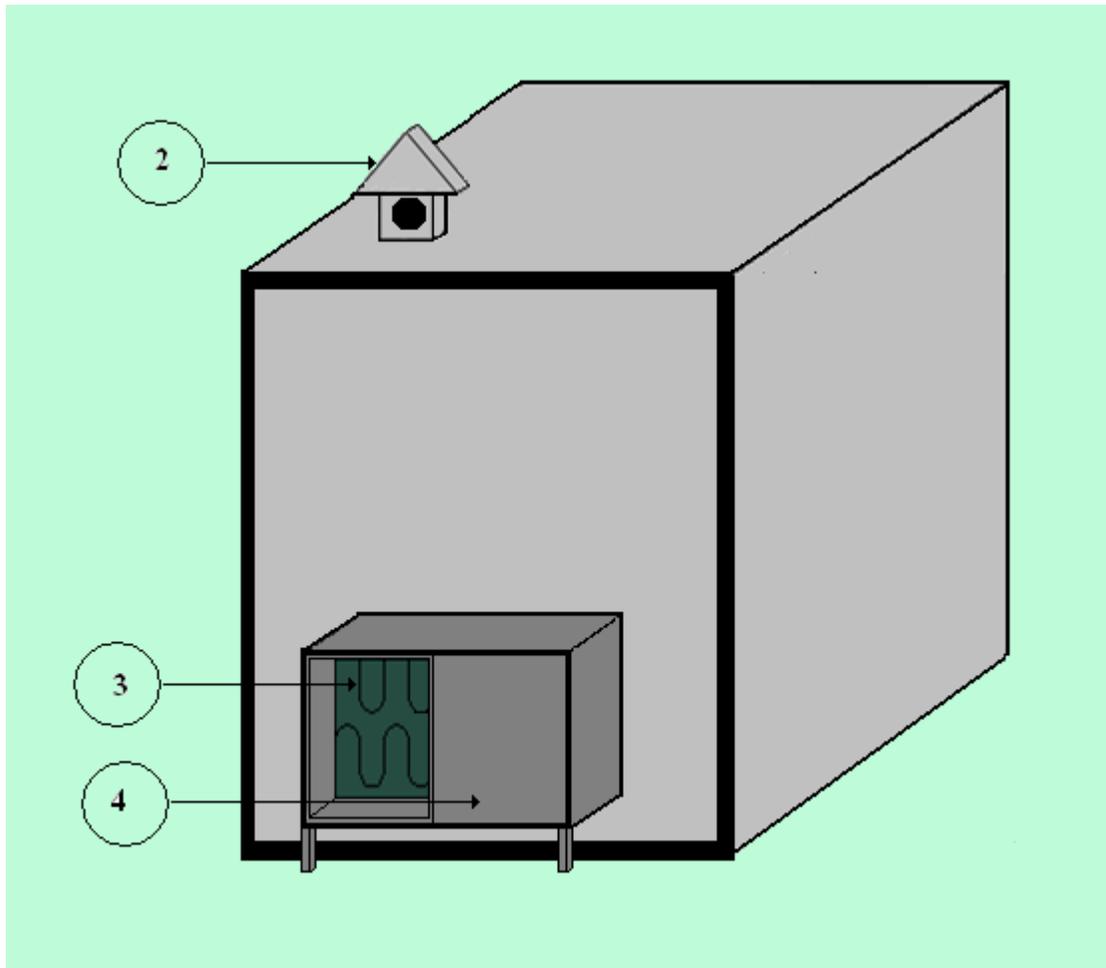
Fecha: Marzo 2011

Escala: 1:100

Plano: 1



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		
Diseño: Murillo Gina	VISTA FRONTAL E INTERNA DEL SECADOR A NIVEL PILOTO	Fecha: Marzo 2011
Dibujó: Murillo Gina		Escala: 1:100
Aprobó: Ing. Buitrón.		Plano: 2



Simbología:

- 2. Salida de aire húmedo
- 3. Entrada de aire seco
- 4. Resistencia o quemador

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Diseño: Murillo Gina

VISTA POSTERIOR

Fecha: Marzo 2011

Dibujó: Murillo Gina

DEL SECADOR

Escala: 1:100

Aprobó: Ing. Buitrón.

A NIVEL PILOTO

Plano: 3

Cuadro N°. 11
Costo de infraestructura para la crianza de codorniz

MATERIALES	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Jaula	1	380,00	380,00
Tanque (100Lt.)	1	7,00	7,00
Adaptador de manguera	1	1,20	1,20
Manguera	8 m.	0,80	6,40
Abrazadera	2	0,15	0,30
Llave de agua	1	17,00	17,00
Te	1	0,25	0,25
Codo	1	0,25	0,25
COSTO A			412,40
DETALLE		CANTIDAD	TOTAL
Mano de obra		2,50%	10,31
Energía		1,50%	6,17
COSTO B			16,48
COSTO TOTAL = COSTO A + COSTO B			
COSTO TOTAL = 428,88			

Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

4.7.2. Costo de aves

Cuadro N°. 12
Costo de aves de cuatros semanas de edad

DETALLE	CANTIDAD	TOTAL
Codornices hembras	160	264,00

Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

4.7.3. Costos de tratamientos o formulaciones

Cuadro N°. 13
Costo de la formulación (T1)

Ingrediente	T1		
	\$/Kg.	Kg.	\$ TOTAL
Maíz amarillo Nacional	0,407	56,770	23,11
Aceite de Palma	1,300	2,340	3,04
Pasta de Soja	0,521	33,430	17,42
Carbonato de Calcio (Polvo)	0,053	0,972	0,05
Carbonato de Calcio (Grits)	0,053	2,268	0,12
Fosfato Monocálcico Granul.	1,025	0,650	0,67
Hna. Cáscara de huevo (HCH)	0,100	2,500	0,25
Sal común	0,080	0,260	0,02
Premezcla Ponedoras	3,850	0,200	0,77
Fitasa 5000	12,800	0,010	0,13
DL-Metionina	6,000	0,140	0,84
Antifúngico	1,780	0,100	0,18
Antioxidante	2,500	0,020	0,05
Atrapador de micotoxinas	1,500	0,250	0,38
Promotor de crecimiento	4,000	0,050	0,20
Cloruro de colina	1,400	0,050	0,07
TOTAL		100,00	47,28

Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

El costo para obtener 100 kg. de la formulación (T1) es de \$ 47,28. Es decir que el saco de 40 kg, tendrá un valor de \$ 18,91.

Cuadro N°. 14
Costo de la formulación (T2)

Ingrediente	T2		
	\$/Kg.	Kg.	\$ TOTAL
Maíz amarillo Nacional	0,407	56,780	23,11
Aceite de Palma	1,300	2,330	3,03
Pasta de Soja	0,521	33,430	17,42
Carbonato de Calcio (Polvo)	0,053	0,822	0,04
Carbonato de Calcio (Grits)	0,053	1,981	0,10
Fosfato Monocálcico Granul.	1,025	0,650	0,67
Hna. Cáscara de huevo (HCH)	0,100	3,000	0,30
Sal común	0,080	0,250	0,02
Premezcla Ponedoras	3,850	0,200	0,77
Fitasa 5000	12,800	0,010	0,13
DL-Metionina	6,000	0,140	0,84
Antifúngico	1,780	0,100	0,18
Antioxidante	2,500	0,020	0,05
Atrapador de micotoxinas	1,500	0,250	0,38
Promotor de crecimiento	4,000	0,050	0,20
Cloruro de colina	1,400	0,050	0,07
TOTAL		100,000	47,30

Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

El costo para obtener 100 kg. de la formulación (T2) es de \$ 47,30. Es decir que el saco de 40 kg, tendrá un valor de \$ 18,92.

Cuadro N. 15
Costo de la formulación (T3)

Ingrediente	T3		
	\$/Kg.	Kg.	\$ TOTAL
Maíz amarillo Nacional	0,407	56,790	23,11
Aceite de Palma	1,300	2,330	3,03
Pasta de Soja	0,521	33,430	17,42
Carbonato de Calcio (Polvo)	0,053	0,672	0,04
Carbonato de Calcio (Grits)	0,053	1,568	0,08
Fosfato Monocálcico Granul.	1,025	0,650	0,67
Hna. Cáscara de huevo (HCH)	0,100	3,500	0,35
Sal común	0,080	0,250	0,02
Premezcla Ponedoras	3,850	0,200	0,77
Fitasa 5000	12,800	0,010	0,13
DL-Metionina	6,000	0,140	0,84
Antifúngico	1,780	0,100	0,18
Antioxidante	2,500	0,020	0,05
Atrapador de micotoxinas	1,500	0,250	0,38
Promotor de crecimiento	4,000	0,050	0,20
Cloruro de colina	1,400	0,050	0,07
TOTAL		100,00	47,33

Fuente: Murillo, Gina; UTE/2011

El costo para obtener 100 kg. de la formulación (T3) es de \$ 47,33. Es decir que el saco de 40 kg, tendrá un valor de \$ 18,93.

Cuadro N. 16
Costo de la formulación (T4) Balanceado comercial

Avimentos
Balanceados y productos
Excelentes rendimientos

**CODORNIZ
PONEDORA PELET**

REGISTRO OFICIAL MAGAP 133-010

ANALISIS NUTRICIONAL

HUMEDAD	13%	máx
PROTEINA CRUDA	22%	mín
GRASA	5%	mín
FIBRA CRUDA	4%	máx
CENIZAS	11%	máx
MET+CIST	0.74%	mín
LISINA	1.00%	mín
TREONINA	0.74%	mín

CODORNIZ PONEDORA PELET
REGISTRO OFICIAL MAGAP 133-010

INDICACIONES
Suministrar como único alimento durante toda la etapa de producción de huevos de la codorniz 20 a 30 gr/ave/día, según la temperatura ambiental y el porcentaje de producción.

PESO NETO AL ENVASAR 40kg

El costo de la formulación T4, formulación testigo o comercial es de \$ 24,30

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ Se determinó que la temperatura no afectan mayormente en el contenido de humedad de la harina de cáscara de huevo de gallina, pero al interaccionar la temperatura con el tiempo de secado se logra una respuesta altamente significativa que afecta en el % de humedad, es así que al realizar la prueba de Tukey al 5% , se obtienen dos rangos de significación en el primer rango como mejores tratamiento se tienen al utilizar tiempos de secado de 30 min y 40 minutos, con medias de 0.63%-0,57% de humedad.
- ✓ Se comprobó, mediante diseño experimental que al aplicar 65°C x 40 min, en la obtención de harina a partir de cáscara de huevo de gallina es el mejor tratamiento ya que con estos parámetros se obtiene una harina con bajo contenido de humedad con una media de 0,57%, con un porcentaje de calcio de 64,13% y fósforo 0,15%.
- ✓ Se realizó un análisis bromatológico a la harina obtenida, la misma que tuvo una composición promedio de humedad del 0,64%, ceniza 87,34%, grasa 1,6%, proteína 3,49%, fibra 2,01%, elementos no nitrogenados 4,92%, y entre los minerales analizados tenemos un contenido de calcio 64% y fósforo 0,15%.
- ✓ Se realizó una dieta alimenticia (ISO proteica e ISO energética) según los requerimientos nutricionales de las codornices de postura, en la cual se utilizó la harina obtenida a partir de la cáscara de huevo de gallina.
- ✓ Se realizó un análisis bromatológico a la dieta formulada la misma que presentó una composición promedio de humedad del 11,46%, ceniza 7,92%, grasa 4,98%, proteína

20,01%, fibra 2,65%, elementos no nitrogenados 52,98%, y entre los minerales analizados tenemos 2,58% de calcio y 0,63% de fósforo.

- ✓ Se determinó a nivel de campo, que la mejor formulación fue la T2, es decir la dieta que contiene 3% de harina de cáscara de huevo de gallina ya que con esta dieta se obtuvo mayor cantidad de huevo en comparación con las otras dietas, con un promedio de 246 huevos producidos durante seis semanas de prueba, los mismos que se encuentran en la categoría de óptima calidad con un peso promedio de 11,4gr.
- ✓ Se realizó un balance de materia tanto a nivel de laboratorio como a nivel de planta piloto obteniendo un 94,78% de rendimiento de la harina de cáscara de huevo de gallina, además en el balance de energía se obtuvo que la eficiencia del secador es de 88,48%, ya que el calor práctico de producto es de 150.79 W y el calor teórico del producto es de 150.79 W.
- ✓ Se realizó un diseño de equipo para el secado de 100 kg/hora de la cáscara de huevo de gallina, el mismo que tiene una área de transferencia de 9.96m^2 , de capacidad de 12 bandejas para el secado cuyas dimensiones son 0,91m x 0,91m, y puede contener 8,33kg de materia prima por bandeja. Tomando en cuenta los espacios considerados entre bandejas y carcasa del secador éste tendrá las siguientes medidas: 1,95m de alto y 1,11m de largo y 1,11m de fondo.
- ✓ Se estableció el costo, de un saco de balanceado de 40 kg. por un valor de \$18,92 USD, la construcción de la infraestructura tuvo un costo de \$428,88 USD y las 160 codornices hembras están valoradas en \$264 US, por lo que podemos concluir que al utilizar este balanceado reducimos gastos ya que el balanceado comercial tiene un valor de \$24,30 USD.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda que la materia prima esté libre de cualquier tipo de residuos o sustancias extrañas que puedan ingresar al proceso, y de tal forma afectar al producto final.
- ✓ Durante el proceso de secado de las cáscaras de huevo se recomienda utilizar la vestimenta adecuada, así como también utilizar las BPM, para evitar contaminación que pueda afectar la calidad del producto.
- ✓ Se debe realizar una trituración manual a las cáscaras de huevo, con la finalidad de permitir un secado homogéneo, más rápido y eficiente.
- ✓ Para la formulación o mezcla se debe tomar en cuenta los pesos de cada ingrediente, de tal manera que se obtenga un buen producto que aporte con todos los requerimientos nutricionales requeridos.
- ✓ Se debe almacenar el balanceado en un lugar seco y limpio, de tal manera que no haya contaminación cruzada por presencia de roedores u otros animales.
- ✓ Al realizar la instalación de la jaula se debe comprobar el normal funcionamiento de cada uno de los bebederos.
- ✓ Se debe colocar a las codornices dentro de las jaulas una por una y de manera delicada ya que estas aves se estresan y esto puede afectar a su adaptación.
- ✓ Es necesario no exceder en la alimentación de las aves, se recomienda dar de 20 a 25gr/ave/día, ya que si las aves se engordan demasiado, esto afecta a la postura.

- ✓ Se debe realizar una limpieza de por lo menos dos veces por semana de las latas que contienen la cordonaza.
- ✓ El agua a suministrar a las aves debe ser limpia y fresca.
- ✓ La recolección de los huevos se lo debe hacer preferiblemente en horas de la mañana, y no por la tarde ya que las aves empiezan su postura pasado el medio día.

BIBLIOGRAFIAS:

- BARDERAS, Valiente. Problemas de Balance de Materia y Energía en la Industria Alimentaria. Editorial McGraw-Hill. México. 1991
- Batty, J, Clair, Folkman, Steven. 1990. Fundamentos de la Ingeniería de Alimentos. Ed. Continental. Mexico.
- Charley Helen, Tecnología de Alimentos, México, Editorial Limusa, S.A., 1995, p. 207 – 229.
- FONSECA, Vigoya Víctor Jairo. Operaciones en la Industria de alimentos II. Bogotá (Colombia): Edit. UNAD, 2002
- Garófalo, J Ana. 2008. OBTENCIÓN DE HARINAS DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*), PALMITO (*Serenoa serrulata*) Y YUCA (*Manihot sculenta Crantz*) PARA ELABORAR DIETAS ALIMENTARIAS EN ENGORDE DE POLLOS CRIOLLOS MEJORADOS EN SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS, 2007.
- LARRAÑAGA, C. Ildefonso (1999): Control e Higiene de los Alimentos. Ed. McGraw Hill. Primera Edición. Aravaca – Madrid
- Lomas, Maria del Carmen (2002). Introducción al Cálculo de los procesos tecnológicos de los Alimentos. Editorial Acribia. España.
- MACIAS, Jefferson Vinicio. Obtención de harina de plátano verde dominico mediante proceso de secado por conducción para elaborar pan con diversos porcentajes de harina de trigo en UTE Santo Domingo, 2009.
- Manual de Análisis de Alimentos, del “Laboratorio de Química”. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo de los Tsáchias.
- Manual del Ingeniero de Alimentos, Grupo Latino Ltda. Edición 2006.
- Mena Bowen, Edwin Juan. Diseño de un proceso industrial para degradar el raquis de palma africana por acción biológica para obtener abono orgánico, Santo Domingo de los Colorados, 2004
- Morales Vargas, Ximena Angélica. Funcionalidad de la Hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima Transglutaminasa en la mezcla de cereales avena, quinua y la leguminosa

garbanzo libres de gluten para mejorar la calidad en productos de panificación UTE CAMPUS ARTURO RUIZ MORA 2010

- Moreno Calderón, Luis Javier. Elaboración de una bebida nutricional instantánea a base de harina de guayaba y avena UTE CAMPUS ARTURO RUIZ MORA 2010
- Nieto Jácome, Alex Fernando. Evaluación de tres balanceados comerciales y niveles de alimentación para la producción de huevos de codorniz (*coturnix coturnix* japónica) en la zona de <santo Domingo de los Colorados, 2007.
- PEARSON. 2002. Composición y análisis de los alimentos. Editorial Continental. México.
- PERRY, Robert. / (1992). “Manual del Ingeniero Químico”. Tomo II. México.
- SÁNCHEZ, Otero Julio “Introducción al Diseño Experimental” Impreso en Ecuador 2006
- Terranova, Editores, Ltda. (2001). Enciclopedia Agropecuaria Terranova. Agricultura Ecológica. Santa Fe de Bogotá-Colombia.
- http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=huevo+de+gallina&meta=&rlz=1W1ADBR_es&aq=f&oq=
- http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1scara_de_huevo
- http://es.wikipedia.org/wiki/Coturnix_coturnix
- <http://html.rincondelvago.com/codornices.html><http://html.rincondelvago.com/codornices.html>
- <http://codornicesdeantioquia.com/comercializacion-de-los-huevos-de-codorniz.php>
- <http://codornicesdeantioquia.com/nutricion-alimentacion-de-las-codornices.php>
- <http://html.rincondelvago.com/calidad-de-la-cascara-de-huevo.html>
- http://www.ciemcolombia.com.co/carne_codorniz.html
- <http://www.alimentacion-sana.com.ar/portal%20nuevo/actualizaciones/huevo.htm>
- <http://www.codornizfl.com/>
- <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s08.htm>
- http://www.bioalimentar.com.ec/avimentos/plan_alimenticio.php?id=3

- <http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=14&guia=1&giro=1&ins=5>
- <http://www.tupatrocinio.com/patrocinio.cfm/proyecto/75677050092268574857676568574550.html>
- <http://www.midiatecavipec.com/alibal/index.htm>

ANEXOS

ANEXO 1. Recepción de cáscara de huevo de gallina



Anexo 2. Estufa para el secado de la cáscara de huevo de gallina



Anexo 3. Molienda de la cáscara de huevo de gallina



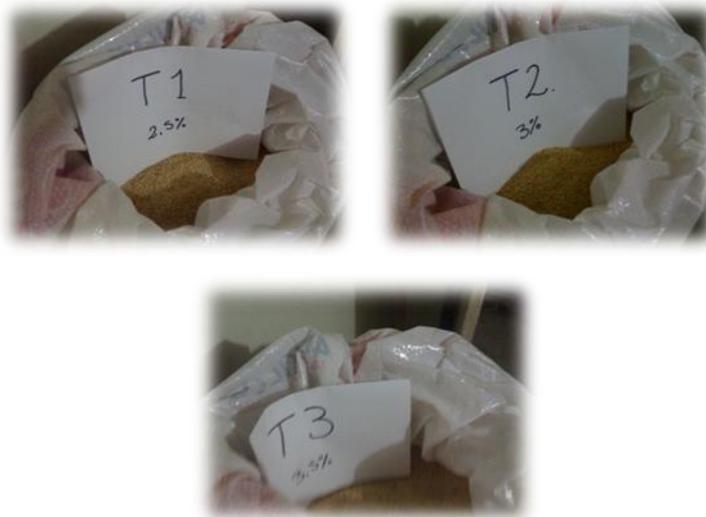
Anexo 4. Harina obtenida a partir de la cáscara de huevo de gallina



Anexo 5. Mezclado de las materias primas e insumos para la obtención del balanceado para codornices de postura



Anexo 6. Balanceado para codornices en etapa de postura



Anexo 7. Instalación de la jaula



Anexo 8. Ubicación de las codornices



Anexo 9. Alimentación de las codornices



Anexo 10. Recolección de los huevos



Anexo 11. Empaque de huevos

Anexo 12. Tabla C-9 Propiedades útiles del aire para transferencia de calor por convección.

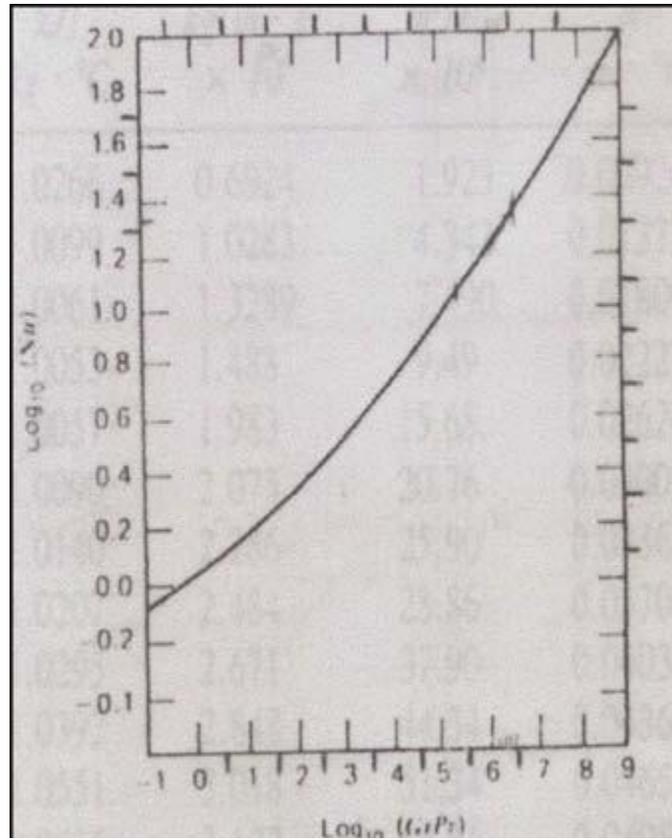
$T, ^\circ K$	ρ kg/m^3	c_p $kJ/kg \cdot ^\circ C$	μ $kg/m \cdot s$ $\times 10^4$	ν m^2/s $\times 10^6$	k $W/m \cdot ^\circ C$	α m^2/s $\times 10^4$	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.488	9.49	0.02227	0.13161	0.722
300	1.1774	1.0057	1.983	15.68	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	28.86	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730

Anexo 13. Tabla B-1 Propiedades del vapor saturado (Unidades SI).

Tabla B-1 Propiedades del vapor saturado: Tabla de temperatura (Unidades SI)

Temp. °C T	Pres. kPa P	Volumen Especifico m ³ /kg		Energia Interna kJ/kg			Entalpia kJ/kg			Entropia kJ/kg-K		
		Liquido sat. v _f	Vapor sat. v _g	Liquido sat. u _f	Evap. u _{fg}	Vapor sat. u _g	Liquido sat. h _f	Evap. h _{fg}	Vapor sat. h _g	Liquido sat. s _f	Evap. s _{fg}	Vapor sat. s _g
0.01	0.6113	0.001 000	206.14	0.00	2375.3	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.0000	9.1562	9.1562
5	0.8721	0.001 000	147.12	20.97	2361.3	2382.3	20.98	2489.6	2510.6	0.0761	8.9496	9.0257
10	1.2276	0.001 000	106.38	42.00	2347.2	2389.2	42.01	2477.7	2519.8	0.1510	8.7498	8.9008
15	1.7051	0.001 001	77.93	62.99	2333.1	2396.1	62.99	2465.9	2528.9	0.2245	8.5569	8.7814
20	2.339	0.001 002	57.79	83.95	2319.0	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	0.2966	8.3706	8.6672
25	3.169	0.001 003	43.36	104.88	2304.9	2409.8	104.89	2442.3	2547.2	0.3674	8.1905	8.5580
30	4.246	0.001 004	32.89	125.78	2290.8	2416.6	125.79	2430.5	2556.3	0.4369	8.0164	8.4533
35	5.628	0.001 006	25.22	146.67	2276.7	2423.4	146.68	2418.6	2565.3	0.5053	7.8478	8.3531
40	7.384	0.001 008	19.52	167.56	2262.6	2430.1	167.57	2406.7	2574.3	0.5725	7.6845	8.2570
45	9.593	0.001 010	15.26	188.44	2248.4	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	0.6387	7.5261	8.1648
50	12.349	0.001 012	12.03	209.32	2234.2	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	0.7038	7.3725	8.0763
55	15.758	0.001 015	9.568	230.21	2219.9	2450.1	230.23	2370.7	2600.9	0.7679	7.2234	7.9913
60	19.940	0.001 017	7.671	251.11	2205.5	2456.6	251.13	2358.5	2609.6	0.8312	7.0784	7.9096
65	25.03	0.001 020	6.197	272.02	2191.1	2463.1	272.06	2346.2	2618.3	0.8935	6.9375	7.8310
70	31.19	0.001 023	5.042	292.95	2176.6	2469.5	292.98	2333.8	2626.8	0.9549	6.8004	7.7523
75	38.58	0.001 026	4.131	313.90	2162.0	2475.9	313.93	2321.4	2635.3	1.0155	6.6669	7.6824
80	47.39	0.001 029	3.407	334.86	2147.4	2482.2	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	6.5369	7.6122
85	57.83	0.001 033	2.828	355.84	2132.6	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1343	6.4102	7.5445
90	70.14	0.001 036	2.361	376.85	2117.7	2494.5	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	6.2866	7.4791
95	84.53	0.001 040	1.982	397.88	2102.7	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	6.1659	7.4159
MPa												
100	0.101 35	0.001 044	1.6729	418.94	2087.6	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3069	6.0480	7.3549
105	0.120 82	0.001 048	1.4194	440.02	2072.3	2512.4	440.15	2243.7	2683.8	1.3630	5.9328	7.2958
110	0.143 27	0.001 052	1.2102	461.14	2057.0	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	5.8202	7.2387
115	0.169 06	0.001 056	1.0366	482.30	2041.4	2523.7	482.48	2216.5	2699.0	1.4734	5.7100	7.1833
120	0.198 53	0.001 060	0.8919	503.50	2025.8	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	5.6020	7.1296
125	0.2321	0.001 065	0.7706	524.74	2009.9	2534.6	524.99	2188.3	2713.3	1.5813	5.4962	7.0775
130	0.2701	0.001 070	0.6685	546.02	1993.9	2539.5	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	5.3925	7.0269
135	0.3150	0.001 075	0.5822	567.35	1977.7	2545.0	567.69	2159.6	2727.3	1.6870	5.2907	6.9777
140	0.3613	0.001 080	0.5089	588.74	1961.3	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	5.1908	6.9299
145	0.4154	0.001 085	0.4463	610.18	1944.7	2554.9	610.63	2129.6	2740.3	1.7907	5.0926	6.8833
150	0.4758	0.001 091	0.3928	631.68	1927.9	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	4.9980	6.8379
155	0.5431	0.001 096	0.3468	653.24	1910.8	2564.1	653.84	2098.6	2752.4	1.8925	4.9010	6.7935
160	0.6178	0.001 102	0.3071	674.87	1893.5	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	4.8075	6.7502
165	0.7005	0.001 108	0.2727	696.56	1876.0	2572.5	697.34	2066.2	2763.5	1.9923	4.7153	6.7078
170	0.7917	0.001 114	0.2428	718.33	1858.1	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	4.6244	6.6663
175	0.8920	0.001 121	0.2168	740.17	1840.0	2580.2	741.17	2032.4	2773.6	2.0909	4.5347	6.6256
180	1.0021	0.001 127	0.194 05	762.09	1821.6	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	4.4461	6.5857
185	1.1227	0.001 134	0.174 09	784.10	1802.9	2587.0	785.37	1997.1	2782.4	2.1879	4.3586	6.5465
190	1.2544	0.001 141	0.156 34	806.19	1783.8	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	4.2720	6.5079
195	1.3978	0.001 149	0.141 05	828.37	1764.4	2592.8	829.98	1960.0	2790.0	2.2835	4.1863	6.4698
200	1.5538	0.001 157	0.127 36	850.65	1744.7	2595.3	852.45	1940.7	2793.2	2.3309	4.1014	6.4323
205	1.7230	0.001 164	0.115 21	873.04	1724.5	2597.5	875.04	1921.0	2796.0	2.3780	4.0172	6.3952
210	1.9062	0.001 173	0.104 41	895.53	1703.9	2599.5	897.76	1900.7	2798.5	2.4248	3.9337	6.3585
215	2.104	0.001 181	0.094 79	918.14	1682.9	2601.1	920.62	1879.9	2800.5	2.4714	3.8507	6.3221
220	2.318	0.001 190	0.086 19	940.87	1661.5	2602.4	943.62	1858.5	2802.1	2.5178	3.7683	6.2861
225	2.548	0.001 199	0.078 49	963.73	1639.6	2603.3	966.78	1836.5	2803.5	2.5639	3.6863	6.2503
230	2.795	0.001 209	0.071 58	986.74	1617.2	2603.9	990.12	1813.8	2804.0	2.6099	3.6047	6.2146
235	3.060	0.001 219	0.065 37	1009.89	1594.2	2604.1	1013.62	1790.5	2804.2	2.6558	3.5233	6.1791
240	3.344	0.001 229	0.059 76	1033.21	1570.8	2604.0	1037.32	1766.5	2803.8	2.7015	3.4422	6.1437
245	3.648	0.001 240	0.054 71	1056.71	1546.7	2603.4	1061.23	1741.7	2803.0	2.7472	3.3612	6.1083
250	3.973	0.001 251	0.050 13	1080.39	1522.0	2602.4	1085.36	1716.2	2801.5	2.7927	3.2802	6.0730
255	4.319	0.001 263	0.045 98	1104.28	1496.7	2600.9	1109.73	1689.8	2799.5	2.8383	3.1992	6.0375
260	4.688	0.001 276	0.042 21	1128.50	1470.6	2599.0	1134.37	1662.5	2796.9	2.8838	3.1181	6.0019
265	5.081	0.001 289	0.038 77	1152.74	1443.9	2596.6	1159.28	1634.4	2793.6	2.9294	3.0368	5.9662
270	5.499	0.001 302	0.035 64	1177.36	1416.3	2593.7	1184.51	1605.2	2789.7	2.9751	2.9551	5.9301
275	5.942	0.001 317	0.032 79	1202.25	1387.9	2590.2	1210.07	1574.9	2785.0	3.0208	2.8730	5.8938
280	6.412	0.001 332	0.030 17	1227.46	1358.7	2586.1	1235.99	1543.6	2779.6	3.0668	2.7903	5.8571
285	6.909	0.001 348	0.027 77	1253.00	1328.4	2581.4	1262.31	1511.0	2773.3	3.1130	2.7070	5.8199
290	7.436	0.001 366	0.025 57	1278.92	1297.1	2576.0	1289.07	1477.1	2766.2	3.1594	2.6227	5.7821
295	7.993	0.001 384	0.023 54	1305.2	1264.7	2569.9	1316.3	1441.8	2758.1	3.2062	2.5375	5.7437
300	8.581	0.001 404	0.021 67	1332.0	1231.0	2563.0	1344.0	1404.9	2749.0	3.2534	2.4511	5.7045
305	9.202	0.001 425	0.019 948	1359.3	1195.9	2555.2	1372.4	1366.4	2738.7	3.3010	2.3633	5.6643
310	9.856	0.001 447	0.018 350	1387.1	1159.4	2546.4	1401.3	1326.0	2727.3	3.3483	2.2737	5.6230
315	10.547	0.001 472	0.016 867	1415.5	1121.1	2536.6	1431.0	1283.5	2714.5	3.3962	2.1821	5.5804
320	11.274	0.001 499	0.015 488	1444.6	1080.9	2525.5	1461.5	1238.6	2700.1	3.4440	2.0882	5.5362
330	12.845	0.001 561	0.012 996	1503.3	993.7	2498.9	1525.3	1140.6	2665.9	3.5507	1.8909	5.4417
340	14.586	0.001 638	0.010 797	1570.3	894.3	2463.6	1594.6	1027.9	2622.0	3.6594	1.6783	5.3357
350	16.513	0.001 740	0.008 813	1643.9	776.6	2418.4	1670.6	893.4	2563.9	3.7777	1.4335	5.2112
360	18.651	0.001 893	0.006 945	1725.2	626.3	2351.5	1760.5	720.5	2481.0	3.9147	1.1379	5.0526
370	21.03	0.002 213	0.004 925	1844.0	384.5	2228.5	1890.5	411.6	2332.1	4.1106	0.8605	4.7971
374.14	22.09	0.003 135	0.003 135	2029.6	0	2029.6	2099.3	0	2099.3	4.4298	0	4.4298

Las Tablas B-1 a B-10 adaptadas de Joseph H. Keenan, Frederick G. Keyes, Philip G. Hill, y Joan G. Mooney. *Steam Tables* (Nueva York; John Wiley and Sons, Inc. 1969). Reimpresión de Gordon J. Van Wyle

Anexo 14. Cuadro de lectura de Nusselt

Anexo 15. Control de calidad de la formulación T1 para codornices de postura

Análisis bromatológico							
Balanceado T1 al 2,5% de cáscaras de huevo de gallina							
HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N.	Ca	P
%	%	%	%	%	%	%	%
11,42	8,05	5,01	20,02	2,63	52,87	2,56	0,64

Fuente: Murillo, Gina; Lab. Química UTE/2010

Anexo 16. Control de calidad de la formulación T2 para codornices de postura

Análisis bromatológico							
Balanceado T2 al 3% de cáscaras de huevo de gallina							
HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N.	Ca	P
%	%	%	%	%	%	%	%
11,46	7,92	4,98	20,01	2,65	52,98	2,58	0,63

Fuente: Murillo, Gina; Lab. Química UTE/2010

Anexo 17. Control de calidad de la formulación T3 para codornices de postura

Análisis bromatológico							
Balanceado T3 al 3,5% de cáscaras de huevo de gallina							
HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N.	Ca	P
%	%	%	%	%	%	%	%
11,45	7,82	4,96	20,00	2,66	53,11	2,58	0,64

Fuente: Murillo, Gina; Lab. Química UTE/2010

Anexo 18. Control de calidad de la formulación T4 o balanceado comercial para codornices de postura

Análisis nutricional				
Balanceado T4 o Comercial AVIMENTOS				
HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA
%	%	%	%	%
13	11	5	22	4

Fuente: Balanceados y productos Avimentos