



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Campus Arturo Ruíz Mora

Santo Domingo

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y SISTEMAS DE GESTIÓN

Tesis de grado previa a la obtención del título

INGENIERO AGROINDUSTRIAL, MENCIÓN EN ALIMENTOS

**“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”**

Estudiante:

Ximena Angélica Morales Vargas

Director de tesis:

Ing. Elsa Burbano

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador

“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”

Ing. Elsa Burbano

DIRECTORA DE TESIS

Ing. Daniel Anzules

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Crespín

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Xavier Caisaguano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

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

Autor: Ximena Angélica Morales Vargas

Institución: Universidad Tecnológica Equinoccial

Título de tesis: “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”

Del contenido del presente documento

Se responsabiliza el autor

Ximena Angélica Morales Vargas

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

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
CAMPUS ARTURO RUIZ MORA
SANTO DOMINGO
ESCUELA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
INFORME DE DIRECCIÓN DE TESIS

Santo Domingo de los Tsáchilas, enero del 2011

Ingeniero

Daniel Anzules

COORDINADOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Presente.-

Yo, Ing. Elsa Burbano, en calidad de directora de tesis, informo que el presente tema de investigación “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 ”, se realizó en la Universidad Tecnológica Equinoccial Campus Arturo Ruiz Mora, bajo la ejecución de Ximena Angélica Morales Vargas, 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. Elsa Burbano
DIRECTORA DE TESIS

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo primeramente a Dios y a la Virgen del Cisne por haberme guiado por el camino del bien y así poder tomar mis mejores decisiones en la vida.

También dedico este gran paso en mi vida a mis queridos padres Ruperto Morales e Isabel Vargas. Gracias papas por brindarme su apoyo total durante este periodo en mi carrera y ser un gran ejemplo de esfuerzo y trabajo, por enseñarme a cumplir mis objetivos y proponerme nuevas metas en el transcurso de la vida, gracias por enseñarme valores que me ayudan a crecer como persona, los mismos que también pondré en práctica en mi carrera profesional.

A mí querido esposo Patricio Pazos, gracias a su comprensión estoy culminando mi meta.

A mis queridas HERMANAS Juanna, Johana, Vanesita, quienes estuvieron conmigo en las buenas y en las malas.

Los amo mucho y los llevo grabados en mi mente y en mi corazón. Por eso les dedico a ustedes mi esfuerzo y sacrificio.

Ximena Morales

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme vida y poder llegar a mi meta propuesta.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial, quien me brindo sus puertas de la sabiduría ya que sin ella nada hubiese sido posible.

A mi directora de tesis Ing. Elsa Burbano, gracias a su constante apoyo y dedicación esta meta está cumplida.

A mis queridos compañeros: Luis Moreno, Nadia Solórzano, Gina Murillo, Diana Murillo, Diana Romero, quienes estuvieron conmigo a lo largo de nuestra carrera sabiendo cuan dura era esta tarea.

A mis queridos maestros que aportaron con todo su conocimiento gracias. Vaya mi agradecimiento al Ing. Daniel Anzules, Ing. Alejandro Bermúdez, Ing. Juan Crespín, Ing. María Gutiérrez, Dr. Xavier Caisaguano, Dra. Luz María Martínez, Ing. Diana Buitrón, Ing. Sonia Erazo, Ing. Karina Cuenca, Ing. Olga Pérez.

Ximena Morales

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.....	xix
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 del estudio.....	4
1.1.5. Situación actual del tema de investigación.....	4
1.2. Limitaciones del estudio.....	5
1.3. Alcance del trabajo.....	5
1.4. Objeto de estudio.....	5
1.5. Objetivo general de estudio.....	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos Específicos.....	6
1.6. Justificación.....	6
1.7. Hipótesis.....	7

1.7.1. Hipótesis Alternativa (Hi).....	7
1.7.2. Hipótesis Nula (Ho).....	7
1.8. Población y muestra.....	7
1.8.1. Población.....	7
1.8.2. Muestra.....	8

CAPÍTULO II

MARCO DE REFERENCIA

2.1. Los cereales.....	9
2.1.1. Avena (<i>Avena Sativa</i>).....	9
2.1.1.1. Clasificación científica de la avena.....	10
2.1.1.2. Descripción de la planta.....	11
2.1.1.3. Nombres comunes de la avena.....	12
2.1.1.4. Industrialización de la avena.....	12
2.1.1.5. Composición Nutricional de la Avena.....	12
2.1.1.7. Harina de Avena.....	13
2.1.1.8. Uso de la Harina de Avena.....	14
2.1.1.9. Propiedades Medicinales de la Harina de Avena.....	14
2.1.2. Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>).....	15
2.1.2.1. Origen de la quinua.....	15
2.1.2.2. Clasificación científica de la quinua.....	16
2.1.2.3. Descripción de la planta.....	16
2.1.2.4. Industrialización de la quinua.....	17
2.1.2.5. Composición nutricional de la quinua.....	18
2.1.2.6. Cultivo de quinua en el Ecuador.....	18
2.1.2.7. Uso de la harina de quinua.....	18
2.1.2.8. Propiedades medicinales de la harina de quinua.....	19
2.1.2.9. Propiedades nutricionales de la harina de quinua.....	19

2.2. Leguminosas.....	20
2.2.1. Garbanzo.....	20
2.2.1.1. Clasificación Científica del Garbanzo.....	20
2.2.1.2. Descripción de la planta.....	21
2.2.1.3. Nombres comunes del garbanzo.....	21
2.2.1.4. Industrialización del Garbanzo.....	21
2.2.1.5. Composición Nutricional del Garbanzo.....	22
2.2.1.6. El Cultivo del garbanzo en el Ecuador.....	23
2.2.1.7. Harina de Garbanzo.	23
2.2.1.8. Uso de la Harina de Garbanzo.....	24
2.2.1.9. Propiedades Medicinales de la Harina de garbanzo.....	24
2.2.1.10. Propiedades Nutricionales de la Harina de Garbanzo.....	24
2.3. Tipos de Harinas.....	25
2.3.1. Harina de trigo.....	25
2.3.2. Harina Integral.....	25
2.3.3. Harinas acondicionadas.....	25
2.3.4. Harinas enriquecidas.....	25
2.3.5. Harinas de fuerza.....	26
2.3.6. Harinas especiales.....	26
2.4. Elaboración de la harina.....	26
2.5. Harina Integral.....	26
2.6. El pan nuestro de cada día y de toda la vida.....	27
2.7. Compuesto que mejoran las masas para panadería y pastelería.....	28
2.8. Sustitutivos del gluten.....	29
2.9. Transglutaminasa (TGM).....	29
2.9.1. Utilización de la Transglutaminasa.....	30
2.9.2. Función de la Transglutaminasa.....	30
2.9.3. Composición Química de la Transglutaminasa.....	31
2.10. E464 Hidroxipropilmetilcelulosa.....	31
2.10.1. Origen.....	31

2.10.2. Función y características.....	31
2.10.3. Efectos colaterales.....	32
2.10.4. Restricciones dietéticas.....	32
2.10.5. Composición Nutricional de la Hidroxipropilmetilcelulosa.....	32
2.11. Operaciones Unitarias.....	33
2.11.1 Molienda.....	33
2.11.1.1Clasificación de los molinos.....	33
2.11.1.2. Molino de frotamientos por discos.....	33
2.11.2. Tamizado.....	34
2.11.2.1. Tamiz vibratorio.....	35
2.11.3 Mezclado.....	35
2.11.3.1. Mezclador de hélice.....	36
2.11.4. Amasado.....	36
2.11.4.1. Amasadora Horizontal.....	37
2.11.5. Horneado.....	37
2.12. Efectos Reológicos.....	39
2.13. Diseño Experimental.....	41

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Aspectos metodológicos del estudio.....	42
3.1.1. Ubicación.....	42
3.1.2. Ubicación Geográfica.....	42
3.1.3. Tipo de la Investigación.....	42
3.1.3.1. Experimental.....	42
3.1.3.2. No observacional.....	43
3.1.3.3. Relacional.....	43

3.2.2. Métodos de investigación de estudio.....	43
3.2.2.1. Método Inductivo.....	43
3.2.2.2. Método estadístico.....	43
3.2.2.3. Método analítico.....	43
3.2.3. Técnicas e instrumentos de investigación.....	44
3.3 Variables.....	44
3.3.1. Variable Independiente.....	44
3.3.2. Variable Dependiente:.....	44
3.4 Tratamiento de datos.....	45
3.5 Materiales, equipos y materia prima.....	46
3.5.1. Materiales.....	46
3.5.2 Equipos.....	47
3.5.3. Materia Prima.....	47
3.6. Obtención de la harina de Avena, Quinua y Garbanzo a nivel de laboratorio.....	47
3.6.1. Diagrama de flujo cualitativo para la obtención de harina de Avena.....	48
3.6.2. Diagrama de flujo cualitativo para la obtención de harina de Quinua.....	51
3.6.3. Diagrama de flujo cualitativo para la obtención de harina de Garbanzo.....	54
3.7. Control de calidad de las harinas de quinua, avena, garbanzo y la mezcla de las tres harinas con Transglutaminasa e Hidroxipropilmetilcelulosa.....	57
3.7.1. Análisis Bromatológico.....	57
3.8. Elaboración de pan integral de Quinua, Avena y Garbanzo con la adición de transglutaminasa e hidroxipropilmetilcelulosa.....	59
3.8.1. Materiales y equipos para la elaboración de pan integral de Quinua, Avena y Garbanzo con la adición de transglutaminasa e hidroxipropilmetilcelulosa.....	59
3.8.1.1. Materiales.....	59
3.8.1.2. Equipos.....	59
3.8.1.4. Materia prima.....	59
3.8.2. Diagrama de flujo cualitativo para la elaboración de pan integral de Quinua, Avena Garbanzo con la adición de transglutaminasa e hidroxipropilmetilcelulosa.....	60

3.9. Control de calidad del pan integral de de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa.....	62
3.9.1. Análisis Bromatológico y de Minerales del Pan Integral.....	62
3.9.2. Análisis organoléptico del pan integral.....	63
3.9.3. Volumen de leudado de la masa a los 40 minutos.....	63
3.9.4. Grado de elasticidad de la masa.....	64
3.10. Metodología y evaluación de aceptabilidad.....	64
3.11. Diseño experimental de las mezclas para determinar el mejor de pan integral de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa.....	65
3.12. Población y Muestra.....	82
3.13. Evaluación de aceptabilidad del pan integral de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima Transglutaminasa.....	84
3.14. Análisis de las encuestas.....	84
3.14.1. Tabulación y gráfica de información de las encuestas.....	84
3.14.1.1. Análisis del color.....	84
3.14.1.2. Análisis del Olor.....	85
3.14.1.3. Análisis del Sabor.....	86
3.14.1.4. Análisis del Textura.....	87
3.14.1.5. Análisis de la mejor fórmula del Pan Integral a base de la mezcla harinas de Quinua, Avena y Garbanzo con la adición de Hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima Transglutaminasa.....	88

CAPÍTULO IV

4.1 Balance de materia a nivel de laboratorio.....	90
4.1.1 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de avena a nivel de laboratorio.....	90

4.1.2 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de Quinoa a nivel de laboratorio.....	92
4.1.3 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de Garbanzo a nivel de laboratorio.....	94
4.1.4. Diagrama de flujo cuantitativo para la elaboración de pan integral de Quinoa, Avena y Garbanzo con la adición de Transglutaminasa e Hidroxipropilmetilcelulosa a nivel de laboratorio.....	96
4.1.1.1 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de Avena a nivel piloto	98
4.1.2.1 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de Quinoa a nivel de planta piloto.....	107
4.1.3.1 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de Garbanzo a nivel de planta piloto.....	117
4.1.4.1. Diagrama de flujo cuantitativo para la elaboración de pan integral de Quinoa, Avena y Garbanzo con la adición de Transglutaminasa e Hidroxipropilmetilcelulosa a nivel de planta piloto.....	127
4.2 Balance de energía del proceso para la obtención de pan integral de Quinoa, Avena Garbanzo con la adición de transglutaminasa e hidroxipropilmetilcelulosa. A nivel de Laboratorio.....	136
4.2.1. Balance de energía del horneado.....	136
4.2.1.1 Cálculo del calor de paredes verticales.....	137
4.2.1.2 Cálculo de calor de las paredes frontal y posterior.....	140
4.2.1.3 Cálculo de calor de las paredes horizontales.....	145
4.2.1.4 Cálculo de cantidad de energía que ingresa al horno.....	148
4.2.1.5 Cálculo de calor práctico del producto.....	148
4.2.1.6 Cálculo del calor teórico del producto.....	149
4.2.1.7 Porcentaje de eficiencia del horno.....	150
4.2.1.8 Cálculo del coeficiente global.....	151
4.3. Rendimiento.....	152
4.4. Diseño del horno a nivel piloto.....	152

4.4.1. Área de transferencia de calor a nivel piloto.....	152
4.4.2 Flujo másico de aire.....	153
4.4.2.1. Cálculo de la humedad absoluta del aire que ingresa W_{PP}	153
4.4.2.2. Cálculo de la humedad absoluta del aire que sale w_{QQ}	154
4.4.2.3 Balance húmedo del sistema.....	154
4.4.2.4 Cantidad de calor total del horno.....	155
4.4.2.5 Cálculo del área.....	156
4.4.2.6 Dimensionamiento de las bandejas.....	157
4.5 Costos.....	160
4.5.1 Costos de la harina de avena.....	160
4.5.2 Costos de la harina de quinua.....	160
4.5.3 Costos de la harina de garbanzo.....	161
4.5.4 Costos del pan integral.....	162

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	163
5.2 Recomendaciones.....	165
Bibliografía.....	167
Anexos.....	169

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N.-01 Avena (<i>Avena Sativa</i>).....	9
Fig. N.-02 Planta de Avena.....	11
Fig. N.-03 Harina de Avena.....	14
Fig. N.-04 Quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>).....	15

Fig. N.-05 Planta de Quinoa.....	16
Fig. N.-06 Garbanzo.....	20
Fig. N.-07 Planta de Garbanzo.....	21
Fig. N.-08 Harina de garbanzo.....	23
Fig. N.-09 Pan Blanco.....	27
Figura N.- 10 Molinos de frotamientos por discos.....	34
Figura N.- 11 Tamizador.....	34
Figura N.-12. Tamiz vibratorio.....	35
Figura N.-13 Mezclador de hélice.....	36
Figura N.- 14 Amasadora Horizontal.....	37
Figura N.-15 Horno.....	37
Figura N.-16 Alveógrafo de Chopin.....	40
Figura N.-17 Farinógrafo de Brabender.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N.- 01 Clasificación Científica de la Avena.....	10
Cuadro N.- 02 Composición Nutricional de la Avena.....	13
Cuadro N.-03 Clasificación científica de la Quinoa.....	16
Cuadro N.- 04 Industrialización de la Quinoa.....	17
Cuadro N.- 05 Industrialización de la Quinoa.....	17
Cuadro N.- 06 Composición nutricional de la quinua.....	18
Cuadro N.- 07 Clasificación Científica del Garbanzo.....	20
Cuadro N.- 08 Composición Nutricional del Garbanzo.....	23
Cuadro N.-09 Composición Química del Garbanzo.....	25
Cuadro N.-10 Composición Química de la Transglutaminasa.....	31
Cuadro N.-11 Composición Química de la Hidroxipropilmetilcelulosa.....	32
Cuadro N.-12 Esquema del Adeva.....	46
Cuadro N.-13 Análisis bromatológico de harina de avena.....	49
Cuadro N.-14 Granulometría de la avena.....	50

Cuadro N.- 15 Análisis bromatológico de harina de quinua.....	52
Cuadro N.- 16 Granulometría de la avena.....	53
Cuadro N.- 17 Análisis bromatológico de harina de garbanzo.....	55
Cuadro N.- 18 Granulometría del garbanzo.....	56
Cuadro N.- 19 Análisis bromatológico de harina de avena.....	57
Cuadro N.- 20 Análisis bromatológico de harina de quinua.....	57
Cuadro N.- 21 Análisis bromatológico de harina de garbanzo.....	57
Cuadro N.- 22 Análisis de minerales de las harinas de quinua, avena y garbanzo.....	58
Cuadro N.- 23 Análisis bromatológico mejor formulación.....	58
Cuadro N.- 24 Cuadro comparativo de composición bromatológica.....	58
Cuadro N.-25 Mejor formulación para elaborar pan.....	61
Cuadro N.-26 Análisis bromatológico del pan integral.....	62
Cuadro N.- 27 Análisis de minerales del pan integral.....	63
Cuadro N.- 28 Análisis organolépticos del pan integral.....	63
Cuadro N.- 29 Análisis de volumen de leudado.....	63
Cuadro N.- 30 Análisis de elasticidad de la masa.....	64
Cuadro N.- 31 Porcentaje de humedad en las mezclas.....	66
Cuadro N.-32 Porcentaje de ceniza en las mezclas.....	68
Cuadro N.-33 Porcentaje de grasa en las mezclas.....	71
Cuadro N.-34 Porcentaje de proteína en la mezcla.....	73
Cuadro N.-35 Porcentaje de fibra en las mezclas.....	76
Cuadro N.-36 Porcentaje de E.L.N.N en las mezclas.....	78
Cuadro N.- 37 Porcentaje de valor calórico/energía en la mezcla.....	80
Cuadro N.- 38 Formulaciones del pan integral.....	84
Cuadro N.-39 Color del Pan Integral.....	84
Cuadro N.-40 Olor del Pan Integral.....	85
Cuadro N.- 41 Sabor del Pan Integral.....	86
Cuadro N.- 42 Textura del Pan Integral.....	87
Cuadro N.- 43 Porcentajes de aceptabilidad de la mejor formulación del Pan Integral.....	88
Cuadro N.- 44 Rendimiento del pan.....	152

Cuadro N.- 45 Costos de producción de harina de avena.....	160
Cuadro N.- 46 Costos de producción de harina de quinua.....	160
Cuadro N.- 47 Costos de producción de harina de garbanzo.....	161
Cuadro N.- 48 Costos de producción del pan integral.....	162

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico. N.- 01 Color del Pan Integral.....	85
Gráfico. N.-02 Olor del Pan Integral.....	86
Gráfico. N.-03 Sabor del Pan Integral.....	87
Gráfico. N.-04 Textura del Pan Integral.....	88
Gráfico. N.-05 Porcentajes de aceptabilidad de la mejor formulación del Pan Integral.....	89
Gráfico. N.-06 Balance de energía del horno.....	136
Gráfico. N.-07 Área de las paredes verticales del horno.....	140
Gráfico. N.-08 Área de las paredes frontal y posterior del horno.....	144
Gráfico. N.-09 Área de las paredes horizontales.....	147
Gráfico. N.-10 Área de las paredes del horno.....	151

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Vista del horno con doble compartimiento a nivel piloto.....	158
Plano 2. Vista frontal del horno con doble compartimiento a nivel piloto.....	159

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotografías del proceso de elaboración de harina.....	170
Anexo 2. Fotografías de las materia prima.....	171
Anexo 3. Fotografías de las harinas.....	172
Anexo 4. Fotografías de la maquinaria utilizada para la elaboración de harina.....	173

Anexo 5. Fotografías de proceso de elaboración del pan integral.....	174
Anexo 6. Tabla C- 9 Propiedades útiles del aire para transferencia de calor por convección.....	175
Anexo 7. Tabla B1 Propiedades de vapor saturado.....	176
Anexo 8. Cuadro de lectura de Nusselt.....	177
Anexo 9. Formato de hoja de encuesta.....	178
Anexo 10. NORMAS INEN.....	179

RESÚMEN

El Ecuador posee una gran potencial agroindustrial, que debe ser explotado para elevar el nivel de vida de la población.

Por esta razón esta investigación se dedica a procesar cereales y leguminosas que aún no tienen un proceso tecnológico.

Se elaboró un producto de panificación rico en proteínas libre de gluten como es un pan integral de quinua, avena y garbanzo con la adición de Hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima Transglutaminasa quedando como resultado un pan verdaderamente nutricional con excelente calidad.

Se empleo el tratamiento DBCA para la preparación de la mezcla (A_2B_2), Harina de quinua (40%); Harina de avena (40%); Harina de garbanzo (20%); Transglutaminasa (1%); Hidroxipropilmetilcelulosa (0,8%), es la que tuvo mayor aceptación el cual se obtuvo aplicando un Diseño Experimental ($A*B$) con tres repeticiones basándose en los resultados del contenido proteico considerado el más relevante de la investigación, el cual es altamente significativo al realizar diferentes formulaciones, reportando de acuerdo a la prueba del Tukey al 5% como mejor tratamiento. Dando una composición bromatológica promedio de humedad del 7,50 %, ceniza 2,15%, grasa 6,27%, proteína 12,67 %, fibra 13,19 % y el 58,22 % de elementos no nitrogenados.

En el análisis de costos, se obtuvo que al procesar 0,2558 Kg de mezcla Harina de quinua (40%); Harina de avena (40%); Harina de garbanzo (20%); Transglutaminasa (1%); Hidroxipropilmetilcelulosa (0,8%), se obtienen 60 panes por un costo de \$14,28; lo que en el mercado se expenderá por un valor \$0,17 ctvs. cada pan.

El uso de Hidroxipropilmetilcelulosa y enzima Transglutaminasa permitió el mejoramiento de los productos libres de gluten, obteniendo un mayor volumen y una miga más aireada muy próxima a la que se obtiene con harina de trigo. La adecuación de la formulación y el proceso de panificación han permitido obtener un pan integral libre de gluten enriquecido con proteína y con unas características tecnológicas adecuadas.

SUMMARY

Ecuador has a great potential for agribusiness, which should be exploited to raise the standard of living of the population.

For this reason this investigation devotes itself to process cereals and leguminous that still does not have a technological process.

I elaborate a rich product of panification in proteins free of gluten since it is a whole meal bread of quinoa, oats and chick-pea with the addition of Hidroxipropilmetilcelulosa and the enzyme Transglutaminasa remaining like proved really nutritional bread with excellent quality.

I use the treatment DBCA for the preparation of the mixture (A2B2), flour Of quinoa (40 %); flour Of oats (40 %); flour Of chick-pea (20 %); Transglutaminasa (1 %); Hidroxipropilmetilcelulosa (0,8 %), is the one that had major acceptance which was obtained applying an Experimental Design (A*B) with three repetitions being based on the results of the most relevant multifaceted considered content of the investigation, which is highly significant on having realized different formulations, bringing in agreement to the test of the Tukey 5 % as better treatment.

Giving a composition bromatologico average of dampness of 7,50 %, ash 2,15 %, fat 6,27 %, protein 12,67 %, fiber 13,19 % and 58,22 % of not nitrogenous elements.

In the analysis of costs, there was obtained that when 0,2558 processed Kg of mixture flour Of quinoa (40 %); flour Of oats (40 %); flour Of chick-pea (20 %); Transglutaminasa (1 %); Hidroxipropilmetilcelulosa (0,8 %), obtains 60 breads for a cost of 14,28 \$; what on the market will expend for a value 0,17 \$ ctvs. every bread.

HPMC use and enzyme TG allowed the improvement of the free products of gluten, obtaining a major volume and one crumbles more aireada very near the one that is obtained by flour of wheat. The adequacy of the formulation and the process of panification have allowed obtaining a free whole meal bread of gluten enriched with protein and with a few technological suitable characteristics.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

1.1.1. Antecedentes históricos.

El pan integral fue el alimento básico de la humanidad desde la Prehistoria. Probablemente, los primeros panes integrales estarían hechos con harinas de bellotas o de hayucos. Algunos autores se imaginan como los inicios del pan integral podrían haber sido una masa de granos semi-molidos y ligeramente humedecidos que podría haberse cocido al sol sobre una piedra caliente.

La evolución histórica del pan integral se fundamenta en tres vías posibles: por un lado la mejora y evolución en los elementos mecánicos que pulverizan los granos (los molinos, etc.) , por otro la mejora en los microorganismos que pueblan la levadura y finalmente la evolución de los hornos y los elementos que proporcionan focos de calor (hornos).

El pan integral o negro fue sufriendo mejoras en su molienda, su horneado y poco a poco fue de un producto elaborado artesanalmente a un producto industrial al que se le añaden diversos aditivos. En la actualidad la maquinaria facilita en gran medida el trabajo haciendo que el pan carezca de penosas tareas; se emplean amasadoras, hornos automáticos, transportadoras, enfriadoras, cortadoras y hasta máquinas para envolver.

A finales del siglo XX se popularizan los panes integrales o negros.

La Transglutaminasa (TG) es una enzima de mucha utilidad en la industria panaria como aditivo y estabilizador para la producción de alimentos proteicos novedosos desarrollados con moderna tecnología. También puede mejorar las características funcionales de las proteínas, como valor nutricional, textura, sabor y vida de anaquel.

1.1.2. Antecedentes científicos.

Las personas celiacas son sensibles al gluten (gliadina) en los alimentos, lo que hace que se tenga que evitar ciertas harinas en la elaboración. Esta enfermedad ha hecho que existan panes comercializados como productos dietéticos. Estas personas no pueden ingerir pan ordinario debido a su contenido en gluten. por esta razón es cada vez más frecuente ver elaboraciones de panes elaborados con harinas sin gluten como puede ser el almidón (harina de arroz) o la harina de maíz, algunas ellas suplen la falta de proteína a veces con la adicción de goma hidroxipropilmetilcelulosa que proporciona una elasticidad al pan elaborada con él y con emulsificantes que permiten retener las emisiones de dióxido de carbono de la fermentación. Otras sustancias empleadas para proporcionar elasticidad al pan se fundamentan con el empleo de algas (agar-agar) o harinas de algarrobo.

Panificar una harina sin gluten se puede preparar a partir de quinua o avena, aunque los mejores resultados se han obtenido del almidón de trigo. Sólo con la fécula de almidón no se puede panificar, es preciso añadir ciertos productos con grasa, azúcar, espesantes (albumina de huevo, goma de guar, hidroxipropilmetilcelulosa), ácido ascórbico y caseinato sódico, con los cuales se consigue la retención del gas, obteniéndose un pan ligero fácil de comer.

Encontrar todos estos productos puede ser complicado para el panadero, por lo que se recomienda comprar harina sin gluten que se comercializa preparada. Uno de los problemas que encontrará el panadero con este pan es que resulta de un gusto un tanto insípido para el consumidor habituado al sabor habitual del pan común.

Analizando la información existente, se partió de los datos investigados, en lo cual encontramos que la Transglutaminasa es una enzima no dependiente del calcio que cataliza la reacción entre grupos carboxiamidas de los péptidos y de los residuos glutaminílicos en proteínas ó aminas primarias. Cuando la amina primaria es un grupo de amino de residuos de lisina o lisina, se forma los enlaces cruzados de glutamil-lisina.

La Transglutaminasa (TG) microbiana puede ser obtenida a partir de *Streptovercillium ladakanum* y de *Streptovercillium mobaraense*. Esta enzima no es calcio dependiente y ha sido aplicada para incrementar las propiedades de textura.

1.1.3. Antecedentes prácticos.

Actualmente la avena, quinua y garbanzo son escasamente utilizados en la obtención de harinas para ser empleados en la elaboración de productos dietéticos y nutricionales. Por lo que será necesario realizar un análisis bromatológico para determinar composición nutritiva, y la buena digestibilidad del producto elaborado, que permitirá establecer si el mismo contribuirá a mejorar el nivel nutricional de la población. Además se estará multiplicando un valor agregando a estos cereales.

Los cereales constituyen la fuente de nutrientes más importante de la humanidad. Los cereales y sus derivados son ricos en carbohidratos tanto de absorción rápida (tras la ingestión pasan a la sangre en poco tiempo) como de absorción lenta (fibra). El contenido de la fibra varía según el proceso industrial de preparación. El contenido proteico es muy variable, entre un 6 y un 16% del peso, dependiendo del tipo de cereal y del procesamiento industrial.

La leguminosa es un fruto seco, dehiscente, propio de las leguminosas o papilionáceas, de tamaño muy variable, formado por un único carpelo. Se abre por la sutura ventral y también por el nervio medio. Suele ser alargado, aunque puede adoptar otras formas.

Abarcan una amplia variedad de judías, guisantes, lentejas, garbanzos y granos. Todos ellos son ricos en almidón, pero aportan bastante más proteína que los cereales o tubérculos. La proporción y el tipo de aminoácidos de las leguminosas es similar a los de la carne. Sus cadenas de aminoácidos a menudo complementan a las del arroz, el maíz y el trigo, que constituyen los alimentos básicos de muchos países.

1.1.4. Importancia del estudio

Esta investigación se orientó a la elaboración de productos fermentados libre de gluten, con alto contenido proteínico mediante la elaboración de harina integral utilizando dos tipos de cereales y leguminosa mediante el uso de coadyuvantes tecnológicos que permitieron modificar la funcionalidad de sus proteínas así como la mejora de la calidad del producto. En este trabajo se estudio el efecto de la combinación de elementos proteicos de diversas fuentes (quinua, avena, garbanzo), sobre las propiedades reológicas y funcionales de la masa, y la posible creación simultánea de una red proteica catalizada por la enzima transglutaminasa (TG). Las proteínas de quinua, avena y garbanzo fueron las que originaron las masas con adecuadas propiedades viscoelásticas para el proceso de panificación. Y se probó si la combinación de estos cereales y leguminosa, con los sustitutos del gluten provocan efectos sobre las propiedades reológicas y funcionales de las masas obtenidas a partir de la elaboración de estas harinas.

El producto de esta mezcla sirvió para elaborar un producto dietético, nutricional, y de características organolépticas aceptables seleccionándose a la quinua, la avena y el garbanzo para el diseño de productos libres de gluten pero enriquecidos en proteína. En este proceso de panificación se usó hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) que permitió mejorar la estructura de los productos fermentados libres de gluten, ya que sirvieron para obtener: un mejor volumen, una miga más aireada, evitar la reducción de la viscosidad de las masas con la temperatura y realizar una comparación con las que se obtiene con harina trigo refinado. La adición de transglutaminasa es para mejorar las características tecnológicas de los productos de panificación sin gluten enriquecidos en proteína. Con la determinación de una adecuada fórmula y el proceso de panificación se obtuvo un producto libre de gluten enriquecido en proteína de quinua y con unas características tecnológicas de panificación.

1.1.5. Situación actual del tema de investigación

En nuestro país la utilización de enzimas como modificadores del valor nutritivo, aún está en etapa evolutiva, por lo que hay pocas investigaciones en este ámbito.

Por lo tanto es necesario realizar una investigación de este alimento de mayor consumo, elevando la composición nutricional y organoléptica, mediante la adición de la mezcla de harinas y la Hidroxipropilmetilcelulosa con la enzima Transglutaminasa, para que de ésta forma sea mucho más apetecida por parte del consumidor.

Los productos integrales en la actualidad son muy necesarios para el ser humano ya que si no se realiza una investigación para mejorar sus componentes perderán su valor nutricional lo cual no aportaría con nutrientes necesarios para las personas. Además si no se aprovecha estos cereales y leguminosa como materia prima continuará la mala utilización de los cereales y leguminosas como: quinua, avena y garbanzo ya que estos contribuyen a la alimentación nutricional de la población.

1.2. Limitaciones del estudio.

Este estudio se limitó exclusivamente a evaluar el comportamiento de la funcionalidad de la enzima transglutaminasa; sobre la mezcla de harina de cereales avena, quinua y el garbanzo, utilizando como indicador las pruebas organolépticas y nutricionales, además se limitó su análisis experimental a pruebas de laboratorio, utilizando cantidades a una escala experimental.

1.3. Alcance del trabajo.

La presente investigación culminó cuando se determinó la funcionalidad de las proteínas en la mezcla de cereales quinua, avena y leguminosa garbanzo en la elaboración de productos de panificación, se profundizó principalmente en la evaluación de las características organolépticas y nutricionales, utilizando como indicadores porcentajes de proteína, porcentaje de grasa, porcentaje de fibra y porcentaje de humedad.

1.4. Objeto de estudio.

Conocer la funcionalidad de las enzimas (TG y HPMC) en la mezcla de cereales quinua, avena y leguminosa garbanzo para productos de panificación.

1.5. Objetivo general de estudio

1.5.1. Objetivo General

- ✚ Determinar la funcionalidad de la hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa en la mezcla de cereales Avena, Quinoa y leguminosa Garbanzo, en productos de panificación.

1.5.2. Objetivos Específicos

- ✚ Caracterizar las materias primas que poseen los cereales avena, quinoa y la leguminosa (garbanzo).
- ✚ Determinar la granulometría en la obtención de harina.
- ✚ Establecer los parámetros de actividad de las enzimas en la producción de pan.
- ✚ Determinar la aceptabilidad del producto mediante pruebas de catación.
- ✚ Establecer la calidad nutricional del pan.

1.6. Justificación

Justificación práctica

Esta investigación se enmarca en el propósito de elaborar un producto con elevadas propiedades nutricionales con aplicación de nuevas tecnologías y la utilización de productos no tradicionales en la elaboración de productos de panificación y de esta manera lograr un incremento en sus ventas y mayor consumo por parte de las personas que quieren llevar una alimentación sana a veces se privan de consumir pan integral por la falta de sabor, textura suave y el olor que lo caracterizan, de ahí la propuesta de elaborar un producto integral ya que este producto podrá llevar a un mejoramiento en gran parte a la nutrición de los seres humanos.

Justificación teórico.

Con esta investigación se quiere validar modelos teóricos propuestos para mejorar la funcionalidad de las proteínas libres de gluten.

Podemos decir, que la elaboración de este producto aportará con nuevas teorías en el desarrollo tecnológico para la fabricación de productos integrales para la panificación ya que en la actualidad no existe en el mercado un producto de panificación con la mezcla de dos tipos de cereales y una leguminosa.

Justificación metodológica

Determinación de la mejor formulación mediante la aplicación de diversos métodos de análisis que se aplican para la elaboración de un producto de panificación.

1.7. Hipótesis.

1.7.1. Hipótesis Alternativa (Hi):

- Hi: Los porcentajes de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa mejoraran significativamente las características viscoelásticas y reológicas de masa de harina de cereales y leguminosa.

1.7.2. Hipótesis Nula (Ho):

- Ho: Los porcentajes de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa no mejoraran significativamente las características viscoelásticas y reológicas de la masa de harina de cereales y leguminosas

1.8. Población y muestra.

1.8.1. Población.

Para esta investigación se tomará como población para que realicen la catación del Pan Integral. Al personal administrativo de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Con un total de 35 personas.

1.8.2. Muestra.**Fórmula:**

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

Donde;

n= Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población (35 personas).

Z = Margen de confiabilidad (95%-representa 1,96).

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

e= Margen de error 5%

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

CAPÍTULO II

MARCO DE REFERENCIA

2.1. Los cereales

Los cereales son semillas de plantas y en la mayor parte de los casos, aunque con algunas excepciones, pertenecen a la familia de las gramíneas. Son plantas anuales, es decir, que han de plantarse cada año y al final del verano ya que una vez han producido semillas maduras se mueren. Al igual que todas las semillas, los cereales tienen un alto valor nutricional ya que contienen todos los nutrientes que el embrión de la planta necesita para empezar a crecer.

Los cereales no refinados son fuentes valiosas de proteínas, carbohidratos, vitaminas B y también contienen alguna cantidad de grasa, hierro, vitamina E y trazas de minerales. Además aportan una buena cantidad de fibra a la dieta.¹

2.1.1. Avena (*Avena Sativa*)

Fig. N° 01

Avena (*Avena Sativa*)



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Avena>

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Avena>

Avena es un género de plantas de la familia de las poáceas, utilizada como alimento y como forraje para los animales. Es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas. Las especies más cultivadas son Avena sativa y Avena byzantina, en ese orden. Es rica en proteínas de alto valor biológico, grasas y un gran número de vitaminas, minerales. Es el cereal con mayor proporción de grasa vegetal, un 65% de grasas no saturadas y un 35% de ácido linoleico. También contiene hidratos de carbono de fácil absorción, además de sodio, potasio, calcio, fósforo, magnesio, hierro, cobre, cinc, vitaminas B1, B2, B3, B6 y E. Además contiene una buena cantidad de fibras, que no son tan importantes como nutrientes pero que contribuyen al buen funcionamiento intestinal. La avena también contiene pequeñas cantidades de gluten, por lo que no puede ser utilizada como cereal alternativo para la dieta de los celíacos.²

2.1.1.1. Clasificación científica de la avena

Cuadro N.- 01
Clasificación Científica de la Avena

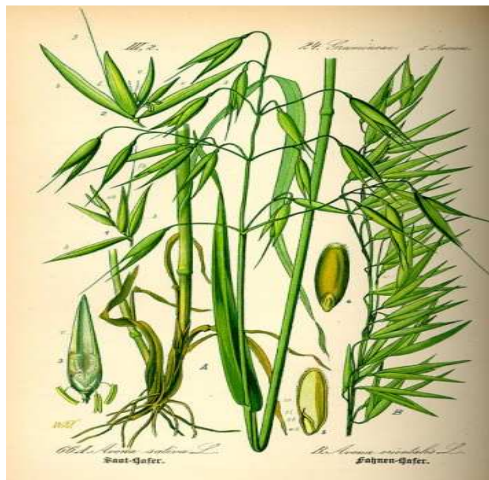
Clasificación científica	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Pooideae
Tribu:	Aveneae
Género:	<i>Avena</i>

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Cicer_arietinum

² PEARSON. 2002. Composición y análisis de los alimentos. Editorial Continental. México.

2.1.1.2. Descripción de la planta

Fig. N° 02
Planta de Avena



Fuente: botanical-online.com/avena.htm

Es una planta de raíces reticulares, potentes y más abundantes que en el resto de los cereales. Su tallo es grueso y recto con poca resistencia al vuelco, su longitud puede variar de 50 cm a un metro y medio. Sus hojas son planas y alargadas, con un limbo estrecho y largo de color verde oscuro. Sus flores se presentan en espigas de dos o tres de ellas.

Es una planta que tiene menor resistencia al frío que la cebada y el trigo. Se la siembra a principios de la primavera, para ser cosechada a fines del verano. Es exigente en agua por su alto coeficiente de transpiración, aunque el exceso puede perjudicarla. Es muy sensible a la sequía, sobre todo en el período de formación del grano.

Debido a que el sistema reticular de la avena es más profundo, puede aprovechar mejor los nutrientes del suelo, por lo que requiere de menor cantidad de fertilizantes para su desarrollo.³

³ Avena - Wikipedia, la enciclopedia libre.mht

2.1.1.3. Nombres comunes de la avena

Nombre común o vulgar: Avena, Avena blanca, Avena común.⁴

2.1.1.4. Industrialización de la avena

La manera más común de encontrar la avena en supermercados es en hojuelas o copos, que no son otra cosa que la semilla aplastada y con cascarilla, de modo que conserva sus propiedades.

Una forma peculiar de consumo es el agua de avena, la cual se obtiene cuando se hierven dos cucharadas soperas de hojuelas durante cinco minutos en un litro del vital líquido. Luego de que se enfría, filtra y endulza con miel, a fin de utilizarla para acompañar los alimentos o saciar la sed. Debido a que la presentación tradicional de la avena requiere largos tiempos de preparación, la industria alimenticia ha creado la avena instantánea, un producto pre cocido que no debe remojarse y sirve para preparar alimentos en menos tiempo sin que se alteren sus propiedades.

Un derivado más es la sémola de avena, que a pesar de no ser de uso cotidiano se emplea en la industria de alimentos para espesar sopas preparadas o como ingrediente que ayuda a mejorar la consistencia de paté, pasteles, pan o galletas.

2.1.1.5. Composición Nutricional de la Avena

La avena es rica en proteínas, de alto valor biológico, hidratos de carbono, grasas y un gran número de vitaminas, minerales y oligoelementos. Además la avena contiene seis de los ocho aminoácidos imprescindibles para la síntesis correcta de proteínas.

⁴ **ROJAS** P (1986) “El Proceso de la Investigación Científica” México Editorial Trillas.

Cuadro N.- 02

Composición Nutricional de la Avena

Composición Nutricional	
Porción comestible	1
Agua (ml)	9,8
Energía (Kcal)	384
Carbohidratos (gr)	65,2
Proteínas (gr)	14,3
Lípidos (gr)	7,7
Colesterol (mgr)	0

Fuente: Beratto, E. 1998. Plutón-INIA. Tierra Adentro 18:18-20.

2.1.1.6. El Cultivo de la avena en el Ecuador

La avena requiere un clima relativamente frío y húmedo, lo cual explica que su mejor zona de adaptación sea el nordeste. Depende de la época de lluvia en cada localidad; se puede sembrar 15 días antes del trigo.

La avena, ha generado un gran entusiasmo entre los agricultores, quienes en un principio consideraban a la avena como un cultivo rotativo del trigo.

En la temporada pasada se utilizaron en este cultivo más de 104 mil hectáreas, lo que significa el tercer mayor cultivo anual luego del trigo y maíz.⁵

2.1.1.7. Harina de Avena

La harina de avena al ser elaborada, proporciona un leve color dorado y un poder mágico que no se puede negar. Es muy fina, en textura y en sabor, así que convendría mezclarla con harinas de características similares.

⁵ Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica Particular de Loja, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Loja, Ecuador. 62 p.

La harina de avena está cada vez más introducida en los hogares de quienes se preocupan por una buena alimentación.

Fig. N.-03
Harina de Avena



Fuente: lacasadelesherbes.com/images/harina

2.1.1.8. Uso de la Harina de Avena

La harina de avena se utiliza para hacer las gachas de avena, como ingrediente como en galletas de la harina de avena y tortas de la avena, panes del salvado de la avena. La harina de avena también se utiliza en algunas bebidas alcohólicas, cosméticos, los jabones, tratamientos médicos externos, y se agregan a veces a los productos del pienso.⁶

2.1.1.9. Propiedades Medicinales de la Harina de Avena

- Proporciona gran energía y es de fácil digestión.
- La avena está indicada en esfuerzos físicos o psíquicos al ser rica en vitaminas del grupo B y contribuye a sí mismo a calmar la ansiedad.
- Estimula las glándulas tiroides, ayudando a metabolizar correctamente las grasas.
- La avena favorece la actividad del páncreas, regulando el azúcar en sangre.
- La fibra de la avena es soluble y ayuda a reducir el colesterol.
- Favorece la producción de leche en el embarazo y la lactancia.⁷

⁶ Trowbridge Filippone, F. (2007) Las “recetas de la harina de avena y el cocinar inclina”

⁷ GONZALEZ, María Jesús. Industria de cereales y derivados. Editorial Mundi Prensa.2002.

2.1.2. Quinua (*Chenopodium quinoa*)

Fig. N.-04

Quinua (*Chenopodium quinoa*)



Fuente: infojardin.chenopodium-quinoa.

La quinua es un cereal originario de los Andes Peruanos y de otros países de Sudamérica. Sus orígenes son muy antiguos. Constituía una de las comidas básicas para los antiguos habitantes de los Andes, tanto como el maíz y la papa.⁸

2.1.2.1. Origen de la quinua

La Quinua es una planta autóctona de los Andes. Se lo denomina el "grano de los Incas", pero se tiene vestigios de la existencia ya miles de años antes de los Incas; que indica que fue cultivada desde la época prehispánica (hace 3000 a 5000 años) en los Andes y domesticada en Bolivia, Perú y Ecuador. Además, se dice que hay indicios de que los conquistadores descubrieron el alto contenido nutritivo de la quinua y prohibieron su cultivo para debilitar a la resistencia de los Incas. Es importante indicar que para esa época, la planta de la quinua en el Ecuador, casi había desaparecido. Su consumo es ancestral en la dieta de la población campesina. Su cultivo fue artesanal en las zonas altas andinas hasta la década de

⁸ Tapia, Mario; H: Gandarillas; S. Alandia; A. Cardozo; A. Mujica; R. Ortiz; V. Otazu; J. Rea; B. Salas y E. Zanabria. 1979: *Quinua y Kañiwa cultivos andinos*. CIID; editorial IICA, Bogotá

los años 90, en que se produce una importante posibilidad de exportación a los mercados norteamericano y europeo.⁹

2.1.2.2. Clasificación científica de la quinua

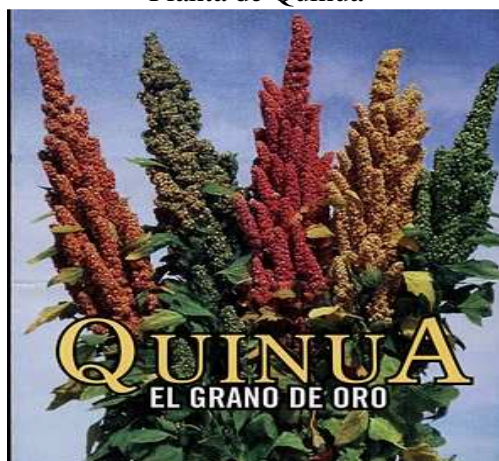
Cuadro N.-03
Clasificación científica de la Quinua

Clasificación Científica	
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Angiospermas
Orden	Centropermales
Familia	Chenopodiaceas
Genero	Chenopodium
Sección	Chenopodia
Subsección	Cellulata
Especie	Chenopodium Quinua

Fuente: Charley Helen, Quinua, México, Editorial Limusa, 1995, p. 207 – 229.

2.1.2.3. Descripción de la planta

Fig. N.-05
Planta de Quinua



Fuente: infojardin.chenopodium-quinua.

⁹ laquinua.blogspot.com

Es una planta anual herbácea de hasta 2 metros de altura. Se la denomina pseudocereal, porque botánicamente no pertenece a los cereales verdaderos como lo es el trigo, la cebada, maíz y arroz, pero debido a su contenido alto en almidón se lo conoce como un cereal. Según la variedad puede tener diferentes colores que van desde el amarillo al anaranjado, rojo vivo, rojo oscuro y verde.

2.1.2.4. Industrialización de la quinua

**Cuadro N.- 04
Industrialización de la Quinua**



Fuente: Ministerio de Agricultura del Perú. Portal Agrario

**Cuadro N.- 05
Industrialización de la Quinua**



Fuente: Ministerio de Agricultura del Perú. Portal Agrario

2.1.2.5. Composición nutricional de la quinua

Cuadro N.- 06
Composición nutricional de la quinua

Composición Nutricional	
Proteínas	13.00
Grasas	6.70
Fibras	3.45
Cenizas	3.06
Calcio	0.12
Fosforo	0.36
Hidratos de Carbono	71.00

Fuente: Ministerio de Agricultura del Perú. Portal Agrario

2.1.2.6. Cultivo de quinua en el Ecuador

En Ecuador, el cultivo de quinua se ve limitado por los altos costos de la maquinaria especializada para el procesamiento de quinua y los precios de los materiales, insumos agrícolas y mano de obra, que han sido afectados negativamente por la dolarización. Todo esto hace que la quinua ecuatoriana no sea competitiva en lo referente a los costos, sin embargo su alta calidad le da una ventaja comparativa frente a la competencia, la misma que le ha permitido obtener precios mejores que los recibidos por la producción de quinua de otros países.¹⁰

2.1.2.7. Uso de la harina de quinua

es utilizada para enriquecer harinas de panificación en la elaboración de: galletas, barritas, tartas, batidos, pasteles, spaghetti, etc. aportando un alto valor nutritivo.

¹⁰ Ministerio de Agricultura del Ecuador. Portal Agrario

Se utiliza igualmente en la elaboración de salsas y alimentos rebozados, enriqueciéndolos conservando su humedad y aportando un sabor muy agradable así como una textura fina y especial.

2.1.2.8. Propiedades medicinales de la harina de quinua

- Algunos estudios sostienen que, debido a su contenido de fitoestrógenos, la quinua puede prevenir el cáncer de mamas, la osteoporosis y otras enfermedades crónicas femeninas originadas por la falta de estrógenos durante la menopausia.
- Como vomitivo, lactóforo, antiespasmódico, laxante y diurético.
- Para torceduras y contusiones.¹¹

2.1.2.9. Propiedades nutricionales de la harina de quinua

Contiene los 10 aminoácidos esenciales: Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptofano, Valina y Arginina. La Lisina, es de vital importancia para el desarrollo de las células cerebrales, procesos de aprendizaje, memorización, raciocinio y crecimiento físico. Proporciona también proteínas, minerales, oligoelementos y vitaminas naturales: A, C, D, B1, B2, B6, Acido fólico, Niacina, Calcio, Fierro y Fósforo en porcentajes elevados. La quinua genera una acción sinérgica al combinarse con otro cereal andino: el amaranto, potenciando ambos sus cualidades individuales.

Así se consigue elaborar alimentos altamente energéticos, muy agradables, 100 % naturales sin colesterol y libres de gluten.¹²

¹¹ <http://taninos.tripod.com/quinua.htm>

¹² <http://www.monografias.com/trabajos58/quinua/quinua.shtml>

2.2. LEGUMINOSAS

2.2.1. Garbanzo

Fig. N.-06 Garbanzo



Fuente: productosgrueso.com/images/blanco

El garbanzo (*cicer arietinum*) contiene entre un 17 y un 24% de proteína bruta (dentro de las leguminosas son las de mejor calidad por su composición en aminoácidos).

El garbanzo es la semilla, de la planta del garbanzo, herbácea de la familia de las leguminosas, cultivada en muchos lugares del mundo. El fruto es una legumbre de forma ovoide, en cuyo interior se encuentran una o dos semillas, los cuáles son redondeados formando un pico en la parte superior. Es rico en proteínas, fibra, ceniza.

2.2.1.1. Clasificación Científica del Garbanzo

Cuadro N.- 07
Clasificación Científica del Garbanzo

Clasificación Científica	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Faboideae
Especie:	<i>C. arietinum</i>

Fuente: productosgrueso.com/images/blanco

2.2.1.2. Descripción de la planta.

Fig. N.-07
Planta de Garbanzo



Fuente: productosgrueso.com/images/blanco

La planta de garbanzo, es una hierba anual pegajosa de hasta medio metro de altura, compuesto de tallos delgados, ramosos, sus hojas compuestas son de borde dentado. Sus flores son de colores variados tales como: blanco, rosa o púrpura.

El fruto es una vaina, en cuyo interior se encuentran de dos a tres semillas redondeadas, conocidos como garbanzos, los cuales son comestibles.

El garbanzo en sí mismo es redondeado, aplastado por los laterales y posee un pico formado por el relieve de la raicilla.¹³

2.2.1.3. Nombres comunes del garbanzo.

Nombre común o vulgar: Chick peas, garbanzo, Chaucha, garbancillo.

2.2.1.4. Industrialización del Garbanzo.

Para las personas que conocen esta leguminosa, la forma de consumo es variado. Sin embargo por su composición nutricional, aporta con proteínas, en la alimentación humana, el garbanzo presenta las siguientes utilidades:

¹³ <http://www.adinte.net/castelseras/Recetas/alimento/garbanzo.htm>

Alimento: Los granos del garbanzo se consumen frescos, asados, hervidos, secos, etc. Los granos triturados se utilizan para hacer pan, sopas, cremas. Los granos germinados también se consumen semi-cruos, como ingrediente de ensaladas. El garbanzo también se usa para preparar platos fermentados.

Medicina: Es una planta muy usada en el plano medicinal para calmar las diarreas, la bronquitis, el cólera. Por su alto contenido en fibras, ayuda a aliviar el estreñimiento. Reduce el colesterol. El garbanzo al contener magnesio, protege al organismo contra enfermedades cardiovasculares. Además de que su consumo alivia las úlceras pépticas y duodenales.¹⁴

2.2.1.5. Composición Nutricional del Garbanzo.

El garbanzo es un alimento rico desde el punto de vista nutricional. Contiene entre un 17 y un 24% de proteína bruta (dentro de las leguminosas son las de mejor calidad por su composición en aminoácidos). Así mismo es rico en fibra, vitaminas y minerales.

“Su contenido en lípidos es mayor que en el resto de legumbres, destacando la presencia de ácido oleico y linoleico, ambos insaturados. Por otro lado, aporta una cantidad importante de fibra. Con todo ello, el valor calórico del garbanzo es mayor al resto de la media de las legumbres secas. En cuanto a vitaminas y minerales, destaca el elevado contenido de folatos, tiamina o vitamina B1, calcio, fósforo, hierro, potasio y magnesio.

¹⁴ <http://www.infoagro.com/herbaceos/legumbres/garbanzo.htm>

Cuadro N.- 08

Composición Nutricional del Garbanzo

Composición nutricional del garbanzo en 100 g de sustancia	
Agua (%)	8.1
Proteínas (%)	22.1
Glúcidos (%)	57.8
Grasa (%)	5.0
Fibra (%)	4.0
Ceniza (%)	3.0

Fuente: <http://www.infoagro.com/herbaceos/legumbres/garbanzo.htm>

2.2.1.6. El Cultivo del garbanzo en el Ecuador.

El cultivo de garbanzo en nuestro país es limitado, no tanto por sus exigencias, sino más bien por el reducido consumo o la poca importancia o desconocimiento en el manejo del cultivo por parte de los agricultores. El cultivo de garbanzo actualmente es producido por pequeños agricultores que lo utilizan para autoconsumo y comercialización.

Debido a las condiciones de cultivo, se lo encuentra mayormente en la Sierra, específicamente en la Provincia de Cotopaxi, en el Cantón Latacunga, Salcedo, Sigchos, entre otros, las cuáles son zonas ricas en productos agrícolas especialmente de garbanzo.

2.2.1.7. Harina de Garbanzo.

Fig. N° 08
Harina de garbanzo



Fuente: <http://www.gastronomiaycia.harina-de-garbanzo.>

La harina de garbanzo, es el resultado de pulverizar finamente los granos. Desde el punto de vista nutricional es un alimento rico en proteínas, Hidratos de Carbono, fibras, minerales y vitaminas.

La utilización de esta harina en la alimentación, es empleada mayormente en la cocina. Además se la emplea en confitería y la panadería.

La harina de garbanzos es un alimento muy nutritivo, cualquier elaboración con esta harina proporciona altas dosis de proteínas, hidratos de carbono, minerales, vitaminas y fibra, mientras que su aporte en calorías es similar al de la harina de trigo o de maíz.

2.2.1.8. Uso de la Harina de Garbanzo.

La utilización de la harina de garbanzos, actualmente es empleada en la confitería, panadería, en la elaboración de tortillas, frituras de mariscos, cremas y sopas. Por lo que su consumo aporta nutricionalmente en la alimentación.

2.2.1.9. Propiedades Medicinales de la Harina de garbanzo

La harina de garbanzos se emplea en cataplasmas, de manera que ablandan los tejidos y disuelven los tumores y abscesos.

2.2.1.10. Propiedades Nutricionales de la Harina de Garbanzo.

En general la harina de garbanzos presenta propiedades similares a los garbanzos, es decir es un alimento muy rico en proteínas, hidratos de carbono, fibra, minerales y vitaminas.¹⁵

¹⁵ Charley Helen, Tecnología de Alimentos, México, Editorial Limusa, S.A., 1995, p. 207 – 229.

Cuadro N°09

Composición Química del Garbanzo

Composición Química en 100g Sustancia	
Proteínas (%)	13.0
Grasas (%)	4.7
Hidratos de carbono (%)	67.2
Fibra cruda (%)	3.3
Calcio (56.3%)	56.3
Sodio (mg)	12.4
Hierro (mg)	7.2
Valor energético (kcal)	359.5

Fuente: <http://www.infoagro.com/herbaceos/legumbres/garbanzo.htm>

2.3. Tipos de Harinas.

Las harinas se clasifican comercialmente de la siguiente manera:

2.3.1. Harina de trigo: La harina de trigo es la materia prima básica para la preparación de pan, galletas y pastas alimenticias se obtiene por molturación del trigo limpio.

2.3.2. Harina Integral: Producto que resulta de la molturación o molido del grano sin la separación de ninguna parte del trigo es una harina oscura con alto contenido de fibra.

2.3.3. Harinas acondicionadas: Son aquellas en las cuales las características organolépticas, fermentativas, etc., se modifican y complementan para mejorarlas mediante tratamientos físicos o adición de productos debidamente autorizados.

2.3.4. Harinas enriquecidas: Son aquellas a las cuales se le ha añadido alguna sustancia que eleve su valor nutritivo con el fin de transferir esta cualidad a los productos con ellas elaborados. Entre estas sustancias nos encontramos con proteínas, aminoácidos, sustancias minerales y ácidos grasos esenciales.

2.3.5. Harinas de fuerza: La harina de fuerza es una de las harinas más utilizadas en la elaboración de pan casero. Se emplean harinas de extracción T-45 y T-55 provenientes de trigos especiales (duros) con un contenido en proteína de 11% y una W (fuerza de harina) de 200 como mínimo. La fuerza de la harina es la capacidad que tiene dicha harina para producir una pieza de pan con un buen volumen y buen crecimiento, son muy consistentes, o sea, tienen la capacidad de crecer mucho sin romperse.

2.3.6. Harinas especiales: Son aquellas obtenidas en procesos especiales de extracción, nos encontramos con los siguientes tipos: malteadas, dextrinadas, y preparadas.

2.4. Elaboración de la harina

La harina se obtiene por la molienda de los granos entre piedras de molino o ruedas de acero que puede ser impulsada por fuerza animal o por el simple aprovechamiento de las fuerzas naturales: ríos, viento, etc. En la actualidad se muele con maquinaria eléctrica, aunque se venden pequeños molinos manuales y eléctricos.

En el proceso de la molienda se separa el salvado y, por lo tanto, la harina de trigo se hace más fácilmente digerible y más pobre en fibra. Además, se separa la aleurona y el embrión, por lo que se pierden proteínas y lípidos, principales causantes del enrancia miento de la harina.

2.5. Harina Integral

Es el resultado de moler el grano de trigo entero, es decir, conservando todas sus partes:

1.- La cáscara o cubierta (salvado): contiene minerales (calcio, magnesio, hierro, potasio, sílice, etc.) y fibra (ésta es fundamental en la regulación de la absorción y movilidad intestinal).

2.- El germen: posee proteínas y vitaminas muy importantes

Ambas sustancias pueden consumirse aisladas, por eso existe en el mercado muchos productos a base de salvado, pero si bien es muy bueno por su aporte en fibras, tiene el inconveniente de que entorpece la absorción del hierro, entre otros minerales. Los elaborados con germen de trigo son los que mejor favorecen al organismo, por su aporte proteico, vitaminas y minerales.

La cultura actual ha impuesto el consumo de las harinas refinadas, pero es bueno recordar que al consumirlas así, procesadas, se pierde un 10 % de los minerales y casi el total (90 %) de las vitaminas, sobre todo las del grupo B, que contiene el trigo.¹⁶

2.6. El pan nuestro de cada día y de toda la vida.

Fig. N° 09
Pan Blanco



Fuente: <http://www.gastronomiaycia.pan-blanco>.

El pan blanco se inventó en la era de la industrialización porque al pretender almacenar la harina molida se vio que se estropeaba enseguida y que si se le quitaba el germen y la cascarilla esto no sucedía.

El pan blanco ofrece más que hidratos de carbono y proteínas incompletas, mientras que el pan integral aporta numerosas vitaminas, minerales, enzimas, proteínas más completas, hierro y ácidos grasos.

¹⁶ MOORE, MM, Schober TJ, P Dockery, Arendt EK. (2004). La comparación de la textura de gluten de trigo, pastas base, bateadores, y los panes. Cereal Chemistry, 81, 567-575.

Es importante saber que el verdadero pan integral se hace con el grano molido completo con la cáscara y el germen y se fermenta con la levadura madre, se distingue por su sabor, la textura es más compacta y el color marroncito que tiene, no se debe confundirlo con el pan blanco al que han añadido salvado, lo mejor es comprarlo en las tiendas de dietética.

Los cereales integrales (quinua, centeno, cebada) y el pan elaborado con los mismos, han sido desde tiempos inmemoriales, el alimento básico del ser humano. Desde hace relativamente poco tiempo comenzó a prepararse el pan en su forma actual: con harinas blancas o refinadas y con numerosos aditivos.

Recientes investigaciones médicas concluyen que una buena parte de las enfermedades contemporáneas tienen su principal origen en el régimen alimenticio. Básicamente por la supresión de las fibras vegetales en particular de los cereales. Por esto, los productos preparados con harinas integrales, y que no poseen aditivos ni conservantes, son ideales e irremplazables para el organismo. Constituyen un elemento básico para la conservación y restitución de la salud.

2.7. Compuesto que mejoran las masas para panadería y pastelería

La presente investigación se refiere a una nueva composición mejoradora de las masas panarias y de pastelería que contiene CGTasa, enzimas desramificantes de almidón, así como su combinación con otras enzimas tales como celulasas, hemicelulasas, glicosiltransferasas, pentosanasas, lipasas, peroxidadas, endoproteasas, peptidasas, oxidasas, transglutaminasas, enzimas amilolíticas, fosfolipasas. Esta nueva composición mejoradora puede aplicarse bajo la forma de polvo o en medio líquido (acuoso, polioles, grasas o sus combinaciones). Debido a sus componentes, la composición mejoradora tiene efecto antienvjecimiento, por lo que prolonga la vida útil de los productos de panadería y pastelería, aumenta el volumen del pan y del producto de pastelería y permite reducir o eliminar los emulgentes utilizados en los procesos panarios, entre otros efectos beneficiosos.

2.8. Sustitutivos del gluten

En el mercado se puede encontrar preparados para la elaboración de pan para enfermos celíacos, lo que algunos denominan harinas sin gluten. Estos productos son en realidad una mezcla de un producto base, que normalmente está compuesto por almidones y harinas de arroz o maíz, y una mezcla de aditivos que intentan reemplazar la función del gluten.

En algunos casos estas harinas se complementan con harina de soja, ovoproductos y/o derivados lácteos, con objeto de conseguir una mejora nutricional y organoléptica. Entre los aditivos, los más habituales son las gomas o hidrocoloides. Estos productos tienen una estructura que los hace especialmente adecuados para retener agua y aumentar la viscosidad de las masas, de hecho se suelen denominar como espesantes. Su inclusión en las masas mejorará la retención de gas y hará que las masas sean menos pegajosas. En algunos artículos sobre productos de panadería a los hidrocoloides se les llama sustitutos del gluten. Entre estos aditivos podemos destacar las pectinas, muy utilizadas en la elaboración de mermeladas, los carragenatos, el agar, la goma de guar o la goma de garrofín, entre otros. En el caso de los productos para celíacos el hidrocoloide que se ha venido utilizando con mayor éxito es la goma xantana. Sin embargo, en los últimos años, diversas investigaciones indican que con algunos derivados de la celulosa, como la hidroxipropil metil celulosa (HPMC), se obtienen resultados prometedores. La mayoría de las gomas reducen su capacidad espesante con la temperatura, por lo que cuando la masa incrementa la temperatura.¹⁷

2.9. Transglutaminasa (TGM)

Las transglutaminasas (TGM) son enzimas capaces de unir proteínas entre un grupo amino de un residuo de lisina y un grupo carboxamida de un residuo de glutamina. De esta manera, son capaces de crear un enlace inter o intramolecular altamente resistente a la proteólisis, es decir, la ruptura de la proteína. Esta técnica permite un mejor comportamiento de la masa de la carne, el pescado o el pan y una mejora de la estabilidad de la proteína y de la textura de

¹⁷ McCARTHY, DF, Gallagher E, TR Gormley, Schober TJ, Arendt EK. (2005). Aplicación de la respuesta de la metodología de superficie en la elaboración de pan sin gluten. *Cereal Chemistry*, 82 (5), 609-615.

los alimentos. Se perfila, además, como una forma de obtener nuevos alimentos más atractivos para el consumidor que aprovecha mejor los subproductos de la industria.

El efecto de la transglutaminasa es muy similar a cuando se calienta una proteína. Con el aumento de la temperatura, las proteínas pierden su estructura tridimensional y forman nuevos enlaces que unen las proteínas entre sí y forman la estructura de gel. Un ejemplo claro de ello es el huevo y cómo se transforma en sólido con el efecto del calor. Con la transglutaminasa, el efecto que se consigue es muy similar pero no es necesario calentar previamente. Además, el gel que se obtiene es muy resistente a las altas temperaturas.¹⁸

2.9.1. Utilización de la Transglutaminasa

Se puede utilizar la transglutaminasa para mejorar las características funcionales de las proteínas como, p. ej., el valor nutritivo, calidad, sabor y durabilidad. Podrá utilizarla para cerdo, ternera, aves, pescado o también para productos lácteos y cereales.

2.9.2. Función de la Transglutaminasa

- Mejor volumen a la masa de pan.
- Mejora el color de la corteza de pan.
- Permite obtener panes con textura de miga de porosidad fina.
- Otorga extensibilidad a la masa.

¹⁸ **MARCO García, Cristina** (2008) “Mejora de la funcionalidad de proteínas libres de gluten y aplicación en productos fermentados”

2.9.3. Composición química de la Transglutaminasa

Cuadro N.- 10

Composición Química de la Transglutaminasa

Composición Química de la transglutaminasa en 100 g de sustancia	
Agua (%)	7.1
Proteínas (%)	38.8
Glúcidos (%)	34.2
Grasa (%)	5.0
Fibra (%)	11.9
Ceniza (%)	3.0

Fuente: <http://www.infoagro.com/herbaceos/transglutaminasa.htm>

2.10. E464 Hidroxipropilmetilcelulosa

2.10.1. Origen:

La hidroxipropilmetilcelulosa es preparada a partir de la celulosa, la cual es el principal polisacárido constituyente de la madera y de todas las estructuras vegetales. Es preparada comercialmente de la madera y posteriormente modificada químicamente.

2.10.2. Función y características:

Usos muy diversos, principalmente como agente espesante, pero también como producto de relleno, fibra dietética, agente anti grumoso y emulsificantes. Es similar a la celulosa pero presenta mayor solubilidad en el agua.

2.10.3. Efectos colaterales:

La hidroxipropilmetilcelulosa es bastante soluble, y puede ser fermentada en el intestino grueso. Altas concentraciones pueden causar problemas intestinales, tales como hinchazón, estreñimiento y diarrea.

2.10.4. Restricciones dietéticas:

El E464 puede ser consumido por todos los grupos religiosos, así como por los vegetarianos (estrictos y no estrictos).¹⁹

2.10.5. Composición Nutricional de la Hidroxipropilmetilcelulosa

Cuadro N.- 11

Composición Nutricional de la Hidroxipropilmetilcelulosa

Composición nutricional de la Hidroxipropilmetilcelulosa en 100 g de sustancia	
Agua (%)	8.1
Proteínas (%)	29.1
Glúcidos (%)	44.8
Grasa (%)	5.0
Fibra (%)	10.0
Ceniza (%)	3.0

Fuente: <http://www.infoagro.com/herbaceos/hidroxipropilmetilcelulosa.htm>

¹⁹ E464-Hidroxipropilmetilcelulosa

2.11. OPERACIONES UNITARIAS

2.11.1 Molienda.

El término molienda es de uso común, se refiere a la pulverización y a la dispersión del material sólido. Pueden ser granos de cereal, uva, aceitunas, etc. en productos de alimentación. Aunque también pueden ser piedras o cualquier otro material sólido.

El objetivo de la molienda es convertir los granos de garbanzo en harina, la cuál puede ser empleada en panadería.

2.11.1.1 Clasificación de los molinos.

Entre los tipos de molinos más usados en la zona rural encontramos los molinos de piedra, molino de martillos y molino de discos.

2.11.1.2. Molino de frotamientos por discos.

PERRY et. al. (1992), expresa que el molino de discos o fricción es un equivalente moderno de los antiguos molinos de piedra. Las piedras se sustituyen por discos de acero en los que se montan placas de molienda intercambiable ya sea metálica o abrasiva, que giran a velocidades muchos mayores, permitiendo con ello una gama amplia de aplicaciones. Estas máquinas tienen un lugar especial en la molienda de materiales orgánicos resistentes, como la pulpa de madera y los granos de maíz. La molienda se lleva a cabo entre las placas que pueden operar en plano vertical u horizontal; uno o los dos discos giran y, cuando los dos lo hacen, la rotación se efectúa en direcciones opuestas. El material de alimentación entra por un canal cerca del eje, pasa entre las placas de molienda y se descarga en la periferia de los discos. Las placas de molienda se sujetan a los discos por medio de pernos y la distancia entre ellas es ajustable.²⁰

²⁰ PERRY et. al. 1992. Manual del ingeniero químico. Tomo II. p. 8-51

Figura N.- 10
Molinos de frotamientos por discos



Fuente: <http://www.molinos.frotamiento-de-discos>

2.11.2. Tamizado.

Figura N.- 11
Tamizador



Fuente: ceramica.wikia.com/wiki/Tamizado

El tamizado es un método físico para separar mezclas. Consiste en hacer pasar una mezcla de partículas sólidas de diferentes tamaños por un tamiz o colador. Las partículas de menor

tamaño pasan por los poros del tamiz atravesándolo y las grandes quedan retenidas por el mismo.²¹

2.11.2.1. Tamiz vibratorio.

El tamiz vibratorio se conecta intercalado en un tramo horizontal de la línea de transporte neumático por vacío. El producto a tamizar, arrastrado por la corriente de aire de transporte, ingresa a la cámara superior y cae sobre la malla metálica o tamiz. La combinación del vacío de transporte y vibración del tamiz fuerzan al producto a pasar a través de la malla metálica; el mismo cae a la cámara inferior y sigue su curso a través de la tubería de transporte, siendo retenidos en la cámara superior únicamente las impurezas que se deseaba separar del resto del producto.²²

Figura N° 12.
Tamiz vibratorio.



Fuente:<http://www.ar/indutra/tamiz-vibratorio-p.html>

2.11.3 Mezclado.

Una vez que los ingredientes han sido molidos y tamizados, el siguiente paso es mezclarlos adecuadamente para que el alimento quede perfectamente homogéneo.

Una mezcla homogénea es aquella donde la sustancia pierde sus propiedades originales, se pueden separar por medios físicos.

²¹ es.wikipedia.org/wiki/Tamizado

²² <http://www.logismarket.com.ar/indutra/tamiz-vibratorio-p.html>

2.11.3.1. Mezclador de hélice.

Es una máquina para la mezcla de productos en polvo y granulados donde la precisión de las formulaciones a conseguir no es rigurosa. Su acción mezcladora se deriva de que sus aletas helicoidales al girar empujan constantemente hacia delante. Realiza la mezcla de varios productos en polvo entre sí o granulares.

Figura N.-13
Mezclador de hélice.



Fuente: <http://www.raferingenieri.com/productos/mezcladores.jpg>

2.11.4. Amasado.

Amasar es trabajar los distintos ingredientes para formar o hacer una masa de harina, de tierra, de cemento o de cualquier otro preparado con el agregado de agua u otro líquido.

En gastronomía se trabajan todos los ingredientes con las manos hasta obtener una masa lisa y suave, lista para poder estirar.

Esta es la etapa clave y decisoria en la calidad del pan. En esta etapa influirá tanto el tipo de amasadora como la velocidad, la duración y la capacidad de ocupación de la misma. Durante este proceso, los componentes de la harina (almidón, proteínas, grasas, cenizas y enzimas), pierden su individualidad y, junto con sus demás ingredientes, van a dotar a la masa de unas características plásticas.

Figura N.- 14
Amasadora Horizontal.



Fuente: <http://www.maquinasdepanaderia.com/imagen/amasadorahorizontal>.

2.11.5 Horneado.

Es un proceso muy importante, pues se somete a la masa a unas temperaturas determinadas y durante unos tiempos de cocción característicos del tipo de pan. Al someter al pan a estas temperaturas, que en general suelen ser mayores de 200 grados, se matan a todas las levaduras y a todos los posibles contaminantes excepto a formas de resistencia, que pueden provocar contaminaciones a la 24-36 horas. También se consigue un aumento de la masa del pan, al expandirse el CO₂.debido al calor y un endurecimiento de la superficie. Este endurecimiento se produce por la evaporación de agua de la corteza que supone una pérdida de peso de un 8-14 % de la masa.

Figura N.-15

Horno



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Horneado

Un balance de energía para este sistema da:

$$Q = M_{pe}C_{pe}(T_{pe} - T_{pi}) + M_a(C_a(T_{ae} - T_{ai}) + w_{ai}(h_{ve} - h_{vi})) + M_{evap}(h_{ve} - h_{li}) + Q_{perdido} \quad 23$$

En donde:

Q = transferencia de calor que se necesita

M_{pe} = velocidad de flujo de la masa del producto que sale del sistema

C_{pe} = calor específico del producto a la salida

T_{pe} = temperatura del producto a la salida

T_{pi} = temperatura del producto a la entrada

M_a = velocidad de flujo de masa del aire seco a la entrada del secador

C_a = calor específico a presión constante del aire seco

T_{ae} = temperatura del aire a la salida

T_{ai} = temperatura del aire a la entrada

w_{ai} = humedad absoluta del aire que entra al secador

h_{ve} = entalpía del vapor de agua en la salida del aire

h_{vi} = entalpía del vapor de agua en la entrada del aire

M_{evap} = velocidad de evaporación dentro del secador

h_{li} = entalpía del agua líquida en la entrada del producto

$Q_{perdido}$ = pérdida del calor a través de las paredes por fuga del aire

$$Q = U * A * \Delta T \quad 24$$

En donde:

Q = Velocidad de transmisión de calor, las unidades son W o BTU.

²³ Batty, J.C &Folkman Steven: FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990

²⁴ Batty, J.C &Folkman Steven: FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990

U = Coeficiente de transferencia de Calor global entre la fuente calorífica y la superficie, la unidad es $W/m^2 \text{ } ^\circ C$.

A = Es el área de transferencia de calor, las unidades son m^2 o pie^2 .

ΔT = Es la diferencia de temperaturas, las unidades son $^\circ C$ o $^\circ F$.

2.12.Efectos reológicos

2.12.1. Alveógrafo de Chopin

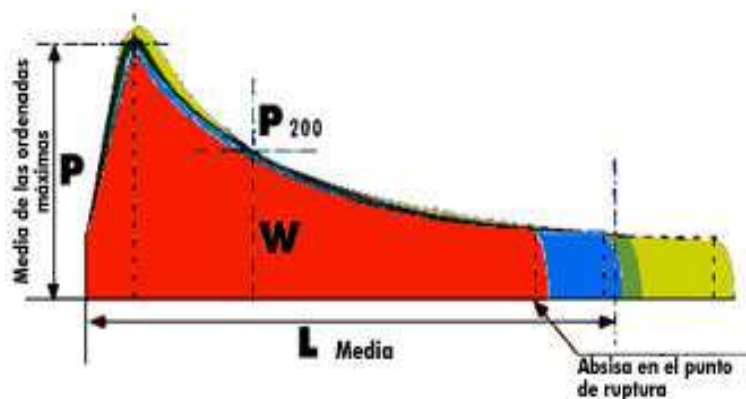
El principal objetivo de la evaluación alveográfica es medir las propiedades reológicas de la masa, es decir, su capacidad de tolerar el estiramiento durante el proceso de amasado.

Durante dicho análisis, la pieza de masa es inflada con aire presurizado, simulando la deformación que esta sufre como consecuencia de los gases que se generan durante el proceso de fermentación.

Los resultados de este test se reducen a 5 parámetros, a saber:

- Tenacidad (P) o resistencia al estiramiento: representada en la altura máxima de la curva graficada en el alveograma
- Extensibilidad (L): representada en la longitud de la curva graficada en el alveograma
- Fortaleza o fuerza de la harina (W): representada en el área bajo la curva graficada en el alveograma
- Ratio tenacidad / extensibilidad (P/L): indica si la masa es equilibrada.

Figura N.-16
Alveógrafo de Chopin



Fuente: Alveograma obtenido con Alveógrafo NG de Chopin

2.12.2. Farinógrafo de Brabender

Permite probar dinámicamente las propiedades de amasado, con el fin de evaluar la calidad de la harina y el procesamiento de la masa. Los parámetros registrados durante el análisis evidencian el comportamiento en el amasado, la capacidad de absorción de agua, el tiempo que tarda la masa en alcanzar la consistencia óptima y la estabilidad o tolerancia al amasado.

Figura N.-17
Farinógrafo de Brabender



Fuente: Rivera 2004, Evaluación de las características fisicoquímicas de las masa panarias.

2.13. Diseño Experimental

El diseño experimental proporciona los principios del diseño, manejo y análisis de experimentos y elementos para el desenvolvimiento de la investigación científica. “En, si el Diseño Experimental, apegado al método científico, constituye un conjunto de técnicas y normas, para el planteamiento y conducción de la investigación, así como para los análisis e interpretación de los resultados experimentales.”²⁵

2.13.1 Diseño de Bloques Completamente al Azar – DBCA

EL DBCA es el más común de todas las investigaciones, se lo utiliza en más del 90% de las mismas. Cuando las unidades experimentales no son homogéneas la variación entre éstas puede enmascarar los verdaderos efectos de los tratamientos ,En estos casos debe utilizarse el modelo conocido como bloques Completos al Azar o ANOVA 2. Se dice que las unidades experimentales no son homogéneas cuando estas no pueden reaccionar o responder a un tratamiento de la misma manera.

2.13.1.1 Esquema del ADEVA

Factor de Variación	g.l
TOTAL	rt-1
BLOQUES	r-1
TRATAMIENTOS	t-1
ERROR E. ^a	Dif. ^b

Fuente: SÁNCHEZ, Otero Julio “Introducción al Diseño Experimental” Impreso en Ecuador 2006.

a.- Residuo o discrepancia

b.- Los grados de libertad del error también pueden calcularse como $(r-1)(t-1)$

²⁵ SÁNCHEZ, Otero Julio “Introducción al Diseño Experimental” Impreso en Ecuador 2006.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA.

3.1. Aspectos metodológicos del estudio.

3.1.1. Ubicación.

La presente investigación se realizará en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cantón Santo Domingo de los Colorados, en las instalaciones de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Km 4 1/2 en la Vía Chone y Avenida Italia.

3.1.2. Ubicación Geográfica:

Altitud: 550 m

Longitud: 79°10'O

Latitud: 00°14'S

3.1.3. Tipo de la Investigación:

Se realizará de acuerdo a los métodos: Experimental – No observacional - Relacional

3.1.3.1. Experimental ya que se manejará la experimentación a través de la realización causa – efecto entre las variables escogidas.

La investigación se basa en experimentaciones, para llegar a tener un buen resultado, para el desarrollo de los objetivos.

Esta investigación es de carácter experimental por la cual se modificará los porcentajes de harina de avena, porcentajes de harina de quinua, porcentajes de harina garbanzo y porcentajes de Hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima Transglutaminasa y la evaluación de las características organolépticas y nutricionales del pan.

3.1.3.2. No observacional ya que se trabajará sobre las variables para obtener diferentes resultados.

Se van a modificar las variables independientes, de manera que se establezcan diferentes porcentajes de harinas, evaluando su aceptabilidad mediante pruebas degustativas y análisis de laboratorio.

3.1.3.3. Relacional ya que las variables se relacionan entre ellas directa o indirectamente, es decir muestran una casualidad causa-efecto.

Se da este tipo de investigación, ya que los porcentajes en la formulación del pan (porcentajes de harina de avena, porcentajes de harina de quinua, porcentajes de harina garbanzo y porcentajes de Hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima Transglutaminasa) muestran una relación directa en la obtención de pan, tanto en las diferentes características organolépticas, como nutricionales, que se generarán de acuerdo a la formulación.

3.2.2. Métodos de investigación de estudio

3.2.2.1. Método Inductivo.- Modalidad eminentemente empírica de investigación que parte de la observación de la casuística de un fenómeno para, mediante la búsqueda y agrupación de semejanzas, formular conclusiones de valor general.

Mediante la utilización de este método se va a obtener resultados que van ayudar a obtener resultados para comprobar si este producto va hacer de acogida por las personas.

3.2.2.2. Método estadístico.- Es un método cuantitativo, que permite realizar el análisis de los datos para transformarlos en información y de allí extraer resultados, conclusiones y recomendaciones.

Este método mediante la tabulación de datos y cálculos nos permite obtener información para definir si el producto es de buena calidad y permite definir su valor en el mercado.

3.2.2.3. Método analítico.- Es aquel que se encarga de dividir el todo en partes y revisar cuidadosamente cada una de las partes, identificando las partes de interés. Mediante este

método se va a escoger cual de los tratamiento es el adecuado para luego realizar el producto en grandes empresa y nos va a ayudar a buscar una solución al problema.

3.2.3. Técnicas e instrumentos de investigación:

Primarios

- Análisis organolépticos (Cataciones , Encuestas)
- Análisis químicos (Pruebas de laboratorio)

Secundarios

- Libros
- Folletos
- Apuntes de las asignaturas
- Internet
- Tesis

3.3 Variables:

3.3.1. Variable Independiente:

- Porcentaje de enzimas que se va utilizar.
- Porcentaje de mezcla de las harinas obtenidas.

3.3.2 Variable Dependiente:

- Características viscoelásticas y reológicas.
- Características bromatológicas de la materia prima
- Granulometría.
- Aceptabilidad
- Calidad del pan

3.4 Tratamiento de datos:

Los datos obtenidos serán analizados en forma cualitativa (características organolépticas) y cuantitativa (composición nutricional, análisis microbiológico, volumen leudado de masa, y elasticidad), los mismos que serán tabulados y representados en gráficas estadísticas para facilitar su análisis.

FACTOR A: (% Hna. Quinoa + % Hna. Avena + %Hna. Garbanzo)

A1 = (45% Hna. Quinoa + 45 % Hna. Avena + 10% Hna. Garbanzo)

A2 = (40% Hna. Quinoa + 40 % Hna. Avena + 20% Hna. Garbanzo)

A3 = (35% Hna. Quinoa + 35 % Hna. Avena + 35% Hna. Garbanzo)

FACTOR B: % TRANSGLUTAMINASA + % HIDROXIPROPILMETILCELULOSA.

B1 = (1,0% TG + 0,5% HPMC)

B2 = (1,0% TG + 0,8% HPMC)

B3 = (1,0% TG + 1,0% HPMC)

TRATAMIENTOS:

1	A1B1	(45% Hna. Quinoa + 45 % Hna. Avena + 10% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,5% HPMC)
2	A1B2	(45% Hna. Quinoa + 45 % Hna. Avena + 10% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,8% HPMC)
3	A1B3	(45% Hna. Quinoa + 45 % Hna. Avena + 10% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 1,0% HPMC)
4	A2B1	(40% Hna. Quinoa + 40 % Hna. Avena + 20% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,5% HPMC)
5	A2B2	(40% Hna. Quinoa + 40 % Hna. Avena + 20% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,8% HPMC)
6	A2B3	(40% Hna. Quinoa + 40 % Hna. Avena + 20% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 1,0% HPMC)
7	A3B1	(35% Hna. Quinoa + 35 % Hna. Avena + 35% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,5% HPMC)
8	A3B2	(35% Hna. Quinoa + 35 % Hna. Avena + 35% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,8% HPMC)
9	A3B3	(35% Hna. Quinoa + 35 % Hna. Avena + 35% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 1,0% HPMC)

Total de Tratamientos: 9 tratamientos

Repeticiones: 3 repeticiones

Diseño Experimental: Se aplicará el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con un arreglo factorial AxB (3*3)

Prueba de significación: Tukey al 5%

Cuadro N° 12














Esquema del Adeva

Fuente de Variación	GL
Total	26
Tratamientos	8
A	2
B	2
A*B	4
Repeticiones	2
Error	16

Elaborado por: Morales, Ximena/UTE/2010

3.5 Materiales, equipos y materia prima

3.5.1. Materiales.

-  Cápsulas
-  Pinza
-  Desecador
-  Papel filtro
-  Algodón
-  Crisoles
-  Cartuchos
-  Papel Aluminio
-  Matraces.
-  Vasos de precipitación
-  Pipetas
-  Tamiz
-  Probeta.

3.5.2 Equipos

- ✚ Equipo de digestión.
- ✚ Equipo de titulación.
- ✚ Soxhlet
- ✚ Mufla
- ✚ Balanza Analítica
- ✚ Estufa
- ✚ Espectrofotómetro colorimétrico.
- ✚ Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
- ✚ Molino

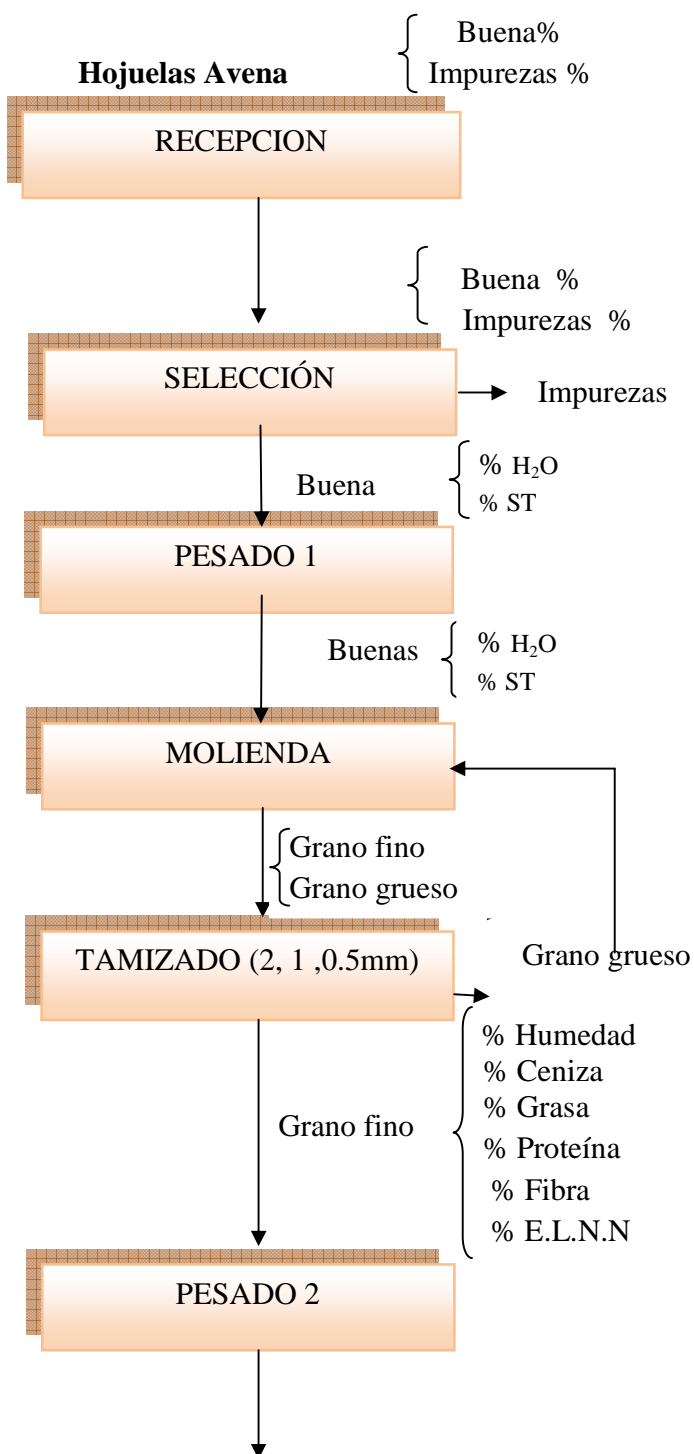
3.5.3. Materia Prima.

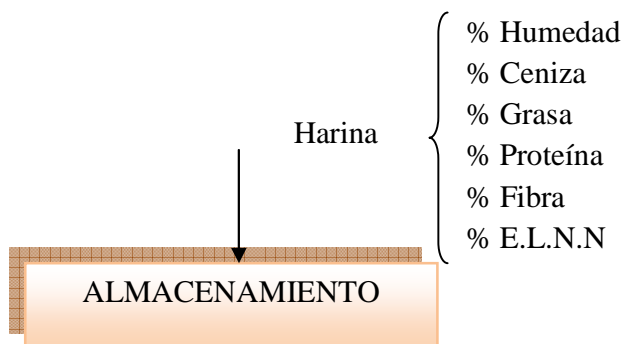
- ✚ Grano (Quinua)
- ✚ Grano (Avena)
- ✚ Grano (Garbanzo)

3.6. Obtención de la harina de Avena, Quinua y Garbanzo a nivel de laboratorio.

La harina de Avena, Quinua y Garbanzo es un subproducto del grano de Avena, Quinua y Garbanzo el cual se obtiene a partir de la selección y molienda de cada materia prima respectivamente y finalmente un tamizado para obtener una harina homogénea y de calidad.

3.6.1. Diagrama de flujo cualitativo para la obtención de harina de Avena





3.6.1.1 Recepción de materia prima.- El proceso comienza con la recepción de la materia prima en este caso las hojuelas de avena en buenas condiciones.

CUADRO N.-13

Análisis bromatológico de harina de avena

No. DE		HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N	VALOR CALORICO /ENERGIA
MUESTRA	IDENTIFIC.	%	%	%	%	%	%	KILO CAL/100gr
A ₁	Avena	**	1,25	6,11	13,46	16,36	62,83	** BASE SECA
		0,37	1,24	6,08	13,41	16,3	62,59	173,59

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.6.1.2 Selección.- Realizar una selección en base a sus buenas propiedades organolépticas, buena humedad y libre de impurezas.

3.6.1.3 Pesado Uno.- Este pesado se lo realiza con el fin conocer el peso de materia prima que ingresa al proceso de molienda.

3.6.1.4 Molienda.- Es la trituración del cereal para la obtención de la harina se realiza la molienda en un molido de frotamiento por discos.

3.6.1.5 Tamizado.- El tamizado se realiza para obtener una harina más fina, sin grumos, para determinar se coloca en tamices de medida de 2 mm, 1 mm y 0,5 mm, tomando un peso determinado para calcular el rendimiento.

CUADRO N.-14
Granulometría de la avena

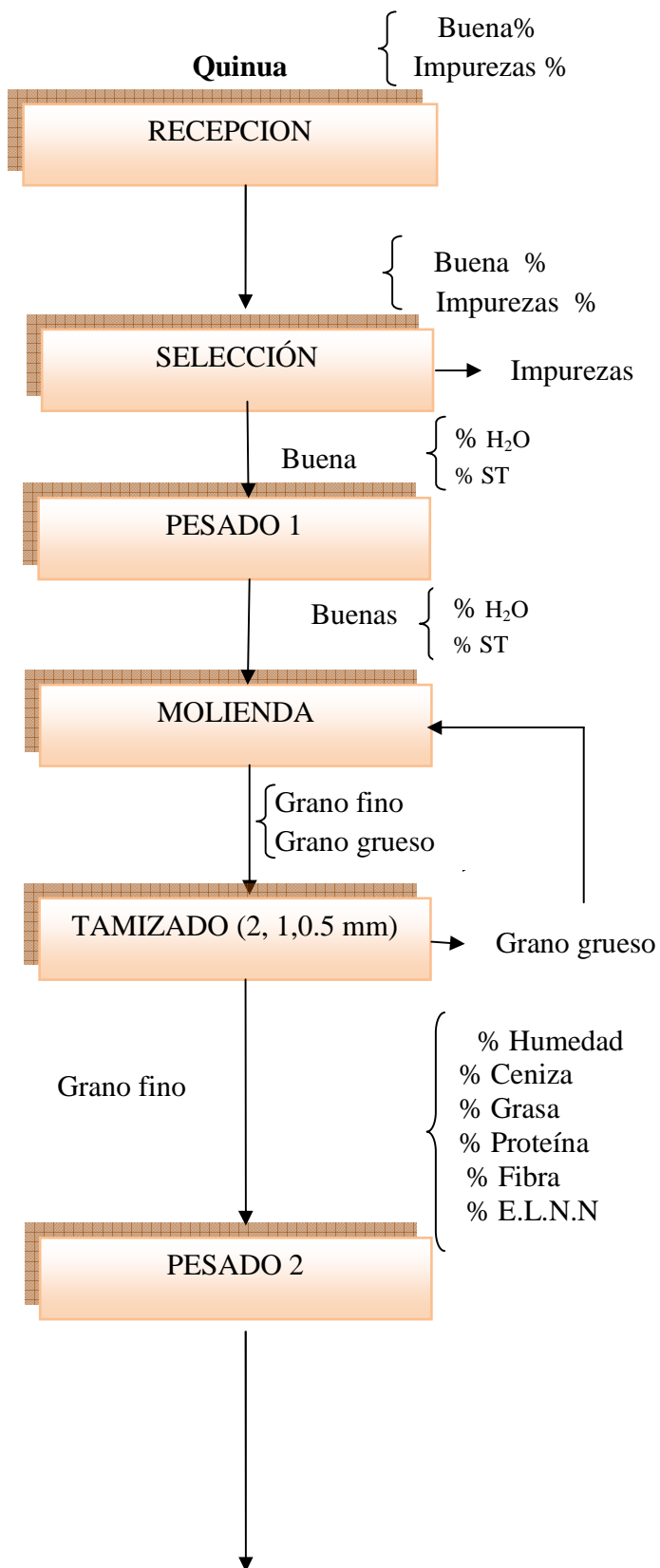
	RETENCION TAMIZ	PORCENTAJE	PORCENTAJE
	PESO (gr)	RETENCION	RENDIMIENTO
		(%)	(%)
Peso Inicial= 212.70gr			
Tamiz 2 mm	27.58	12.97	98,99
Tamiz 1 mm	97.42	45.80	
Tamiz 0,5 mm	85,56	40.23	
Peso Final= 210.56gr			

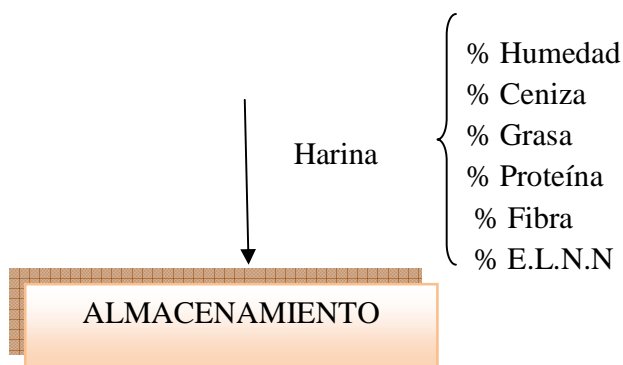
Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.6.1.6 Pesado Dos.- Para determinar el rendimiento del cereal en la obtención de la harina.

3.6.1.7 Almacenamiento.- Se debe almacenar la harina en condiciones adecuadas con una temperatura entre 20-25°C, y con una buena corriente de aire.

3.6.2 Diagrama de flujo cualitativo para la obtención de harina de Quinua





3.6.2.1 Recepción de materia prima.- El proceso comienza con la recepción de la materia prima en este caso la quinua en buenas condiciones.

CUADRO N.- 15

Análisis bromatológico de harina de quinua

No. DE		HUMEDAD	CENIZA	GRAS A	PROTEIN A	FIBRA	E.L.N.N	VALOR CALORICO /ENERGIA
MUESTR A	IDENTIFIC .	%	%	%	%	%	%	KILO CAL/100gr
		**	2,72	7,44	19,1	4,57	66,2	** BASE SECA
Q₁	Quinua	7,51	2,52	6,88	17,64	4,23	61,2	149,42

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.6.2.2 Selección.- Realizar una selección en base a sus buenas propiedades organolépticas, buena humedad y libre de impurezas.

3.6.2.3 Pesado Uno.- Este pesado se lo realiza con el fin conocer el peso de materia prima que ingresa al proceso de molienda.

3.6.2.4 Molienda.- Es la trituración del cereal para la obtención de la harina se realiza la molienda en un molido de frotamiento por discos.

3.6.2.5 Tamizado.- El tamizado se realiza para obtener una harina más fina, sin grumos, para determinar se coloca en tamices de medida de 2 mm, 1 mm y 0,5 mm, tomando un peso determinado para calcular el rendimiento.

CUADRO N.- 16
Granulometría de la quinua

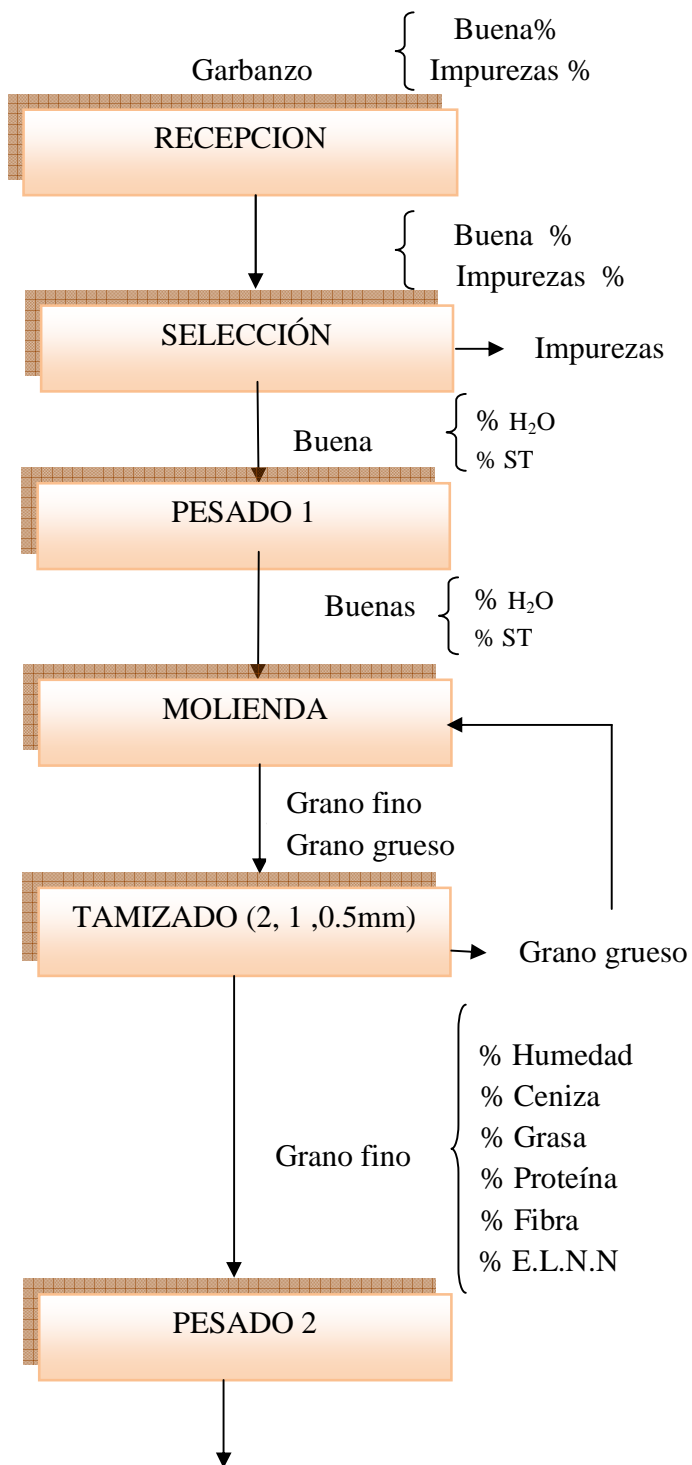
	RETENCION TAMIZ	PORCENTAJE	PORCENTAJE
	PESO (gr)	RETENCION (%)	RENDIMIENTO (%)
Peso Inicial= 242,39gr			
Tamiz 2 mm	62,84	25.93	99,15
Tamiz 1 mm	91,93	37.93	
Tamiz 0,5 mm	85,56	35.30	
Peso Final= 240.33gr			

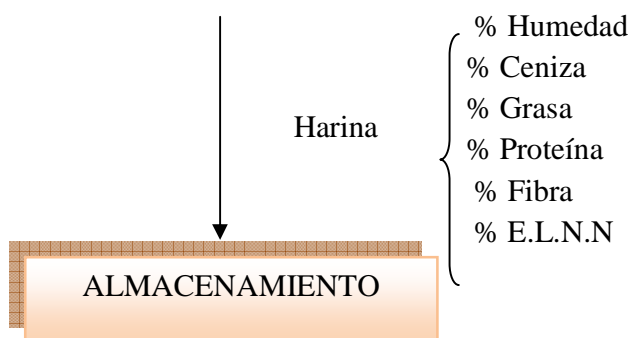
Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.6.2.6 Pesado Dos.- Para determinar el rendimiento del cereal en la obtención de la harina.

3.6.2.7 Almacenamiento.- Se debe almacenar la harina en condiciones adecuadas con una temperatura entre 20-25^aC, y con una buena corriente de aire.

3.6.3. Diagrama de flujo cualitativo para la obtención de harina de Garbanzo.





3.6.3.1 Recepción de materia prima.- El proceso comienza con la recepción de la materia prima en este caso el garbanzo en buenas condiciones.

CUADRO N.- 17

Análisis bromatológico de harina de garbanzo

No. DE		HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N	VALOR CALORICO /ENERGIA
MUESTRA	IDENTIFIC.	%	%	%	%	%	%	KILO CAL/100gr
G1	Garbanzo	**	3,37	6,75	23,61	6,31	59,96	** BASE SECA
		2,09	3,30	6,61	23,12	6,18	58,70	176,71

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.6.3.2 Selección.- Realizar una selección en base a sus buenas propiedades organolépticas, buena humedad y libre de impurezas.

3.6.3.3 Pesado Uno.- Este pesado se lo realiza con el fin conocer el peso de materia prima que ingresa al proceso de molienda.

3.6.3.4 Molienda.- Es la trituración del cereal para la obtención de la harina se realiza la molienda en un molido de frotamiento por discos.

3.6.3.5 Tamizado.- El tamizado se realiza para obtener una harina más fina, sin grumos, para determinar se coloca en tamices de medida de 2 mm, 1 mm y 0,5 mm, tomando un peso determinado para calcular el rendimiento.

CUADRO N.- 18

Granulometría del garbanzo

	RETENCION TAMIZ	PORCENTAJE	PORCENTAJE
	PESO (gr)	RETENCION (%)	RENDIMIENTO (%)
Peso Inicial= 242,39gr			
Tamiz 2 mm	62,84	25.93	99,15
Tamiz 1 mm	91,93	37.93	
Tamiz 0,5 mm	85,56	35.30	
Peso Final= 240.33gr			

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.6.3.6 Pesado Dos.- Para determinar el rendimiento del cereal en la obtención de la harina.

3.6.3.7 Almacenamiento.- Se debe almacenar la harina en condiciones adecuadas con una temperatura entre 20-25°C, y con una buena corriente de aire.

3.7. Control de calidad de las harinas de quinua, avena, garbanzo y la mezcla de las tres harinas con Transglutaminasa e Hidroxipropilmetilcelulosa.

3.7.1. Análisis Bromatológico.

Se realizó análisis bromatológicos a las harinas de Quinua, Avena y Garbanzo.

CUADRO N.- 19

Análisis bromatológico de harina de avena

No. DE		HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N	VALOR CALORICO /ENERGIA
MUESTRA	IDENTIFIC.	%	%	%	%	%	%	KILO CAL/100gr
A₁	Avena	**	1,25	6,11	13,46	16,36	62,83	** BASE SECA
		0,37	1,24	6,08	13,41	16,3	62,59	173,59

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

CUADRO N.- 20

Análisis bromatológico de harina de quinua

No. DE		HUMEDAD	CENIZA	GRAS A	PROTEIN A	FIBRA	E.L.N.N	VALOR CALORICO /ENERGIA
MUESTR A	IDENTIFIC .	%	%	%	%	%	%	KILO CAL/100gr
		**	2,72	7,44	19,1	4,57	66,2	** BASE SECA
Q₁	Quinua	7,51	2,52	6,88	17,64	4,23	61,2	149,42

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

CUADRO N.- 21

Análisis bromatológico de harina de garbanzo

No. DE		HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N	VALOR CALORICO /ENERGIA
MUESTRA	IDENTIFIC.	%	%	%	%	%	%	KILO CAL/100gr
G₁	Garbanzo	**	3,37	6,75	23,61	6,31	59,96	** BASE SECA
		2,09	3,30	6,61	23,12	6,18	58,70	176,71

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

CUADRO N.- 22

Análisis de minerales de las harinas de quinua, avena y garbanzo

ANALISIS DE MINERALES								
MACROELEMENTOS					MICROELEMENTOS			
		Potasio	Calcio	Fosforo	Cobre	Hierro	Zinc	Manganeso
Quinua	Q1	1,15	0,68	0,14	13,50	102,00	48,50	29,00
Avena	A1	0,73	0,88	0,11	11,00	1,70	1,00	7,00
Garbanzo	G1	2,03	1,48	0,12	14,50	162,50	68,50	52,50

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

CUADRO N.- 23

Análisis bromatológico de la mezcla de harinas de (40%quinua, 40%avena y 20%garbanzo con la adición de 1% transglutaminasa e 0.8% hidroxipropilmetilcelulosa).

MEJOR FORMULACION

	HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N	VALOR CALORICO /ENERGIA
IDENTIFIC.	%	%	%	%	%	%	KILO CAL/100gr
A2B2	**	3,21	8,92	12,77	4,70	70,41	** BASE SECA
	7,19	2,98	8,28	11,85	4,36	65,35	139,32

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

CUADRO N.- 24

Cuadro comparativo de composición bromatológica de las harinas de quinua, avena y garbanzo y la mejor formulación de la mezcla de harinas + transglutaminasa e hidroxipropilmetilcelulosa.

CUADRO COMPARATIVO DE COMPOSICION BROMATOLOGICA				
	Hna. Quinua	Hna. Avena	Hna.Garbanzo	Mezcla de Hnas + (TG e HPMC)
PROTEINA	17,64	13,41	23,12	11,85
FIBRA	4,23	16,30	6,18	4,36
GRASA	6,88	6,08	6,61	8,28

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.8. Elaboración de pan integral de Quinoa, Avena y Garbanzo con la adición de transglutaminasa e hidroxipropilmetilcelulosa.

3.8.1. Materiales y equipos para la elaboración de pan integral de Quinoa, Avena y Garbanzo con la adición de transglutaminasa e hidroxipropilmetilcelulosa.

3.8.1.1. Materiales.

- Bandejas plásticas
- Cuchara
- Latas para hornear
- Papel Aluminio
- Probeta de 100 ml
- Fundas plásticas
- Vasos de precipitación

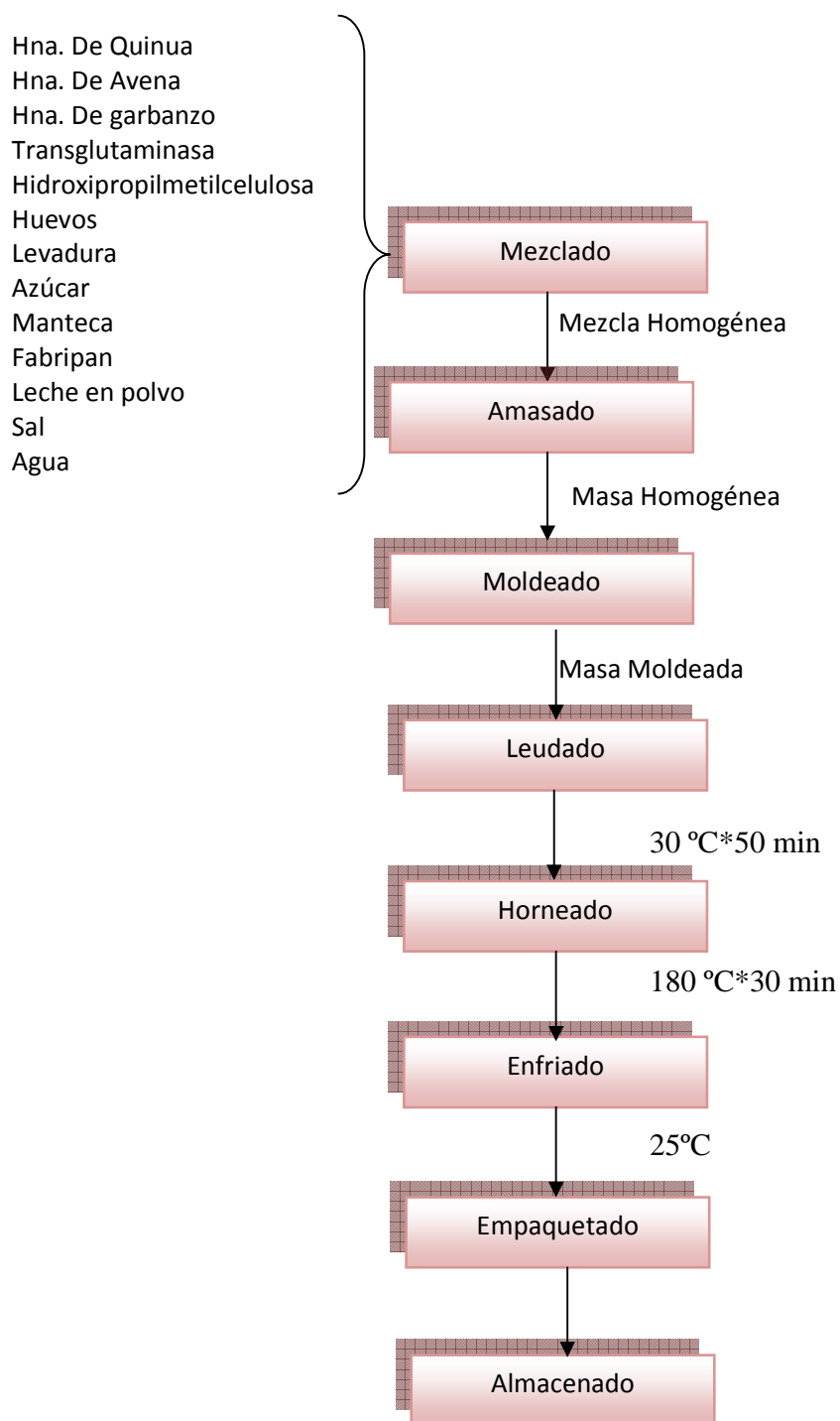
3.8.1.2. Equipos.

- Balanza Analítica
- Horno

3.8.1.4. Materia prima.

- Harina de quinoa
- Harina de avena
- Harina de garbanzo
- Transglutaminasa
- Hidroxipropilmetilcelulosa
- Huevos
- Levadura
- Azúcar
- Manteca
- Fabripan
- Leche en polvo
- Sal
- Agua

3.8.2. Diagrama de flujo cualitativo para la elaboración de pan integral de Quinoa, Avena y Garbanzo con la adición de transglutaminasa e hidroxipropilmetilcelulosa.



3.8.2.1. Formulación.-Se clasificó todos los componentes previamente pesados y seleccionados para la elaboración del producto, en base a la formulación antes mencionada.

CUADRO N.-25

MEJOR FORMULACION PARA ELABORAR PAN INTEGRAL DE QUINUA, AVENA Y GARBANZO CON LA ADICION DE HIDROXIPROPILMETILCELULOSA Y LA ENZIMA TRANSGLUTAMINASA.

Harinas	gr
Hna. De quinua (40%)	400
Hna. De avena (40%)	400
Hna. De garbanzo (20%)	200

Ingredientes	Peso (gr)	Porcentaje (%)
Transglutaminasa	10	1
Hidroxipropilmetilcelulosa	8	0,8
Huevos	120	7,70
Levadura	100	6,42
Azúcar	150	9,63
Manteca	100	6,42
Fabripan	100	6,42
Leche en polvo	35	2,25
Sal	35	2,25
Agua	900	57,77

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.8.2.2. Mezclado.- Se procedió a mezclar los ingredientes previamente pesados y seleccionados.

3.8.2.3. Amasado.- Se realiza un amasado para formar una masa consistente y homogénea, por el tiempo que se requiera, hasta obtener una masa homogénea, elástica y sin presencia de grumos.

3.8.2.4. Moldeado.- Se coloca la masa homogénea en moldes previamente engrasados, para evitar que se adhiera a las paredes del molde, y de esta manera facilitarnos el desmoldado, obteniendo un producto de buena calidad.

3.8.2.5. Leudado de la masa.- Una vez que la masa ha sido mezclada, es necesario aplicar un periodo de fermentación, para que exista producción de dióxido de carbono y alcohol. El tiempo de leudado va entre 30 °C - 50 minutos.

3.8.2.6. Horneado.- Los moldes son introducidos con su contenido, en un horno previamente calentado a una temperatura de 180°C, por un tiempo de 25-30 minutos, hasta obtener un producto deseado, con características organolépticamente aceptables.

3.8.2.7. Enfriado.- Una vez horneado el pan integral se procede a enfriar a temperatura ambiente.

3.8.2.8. Empaquetado.- Después de que los panes estén fríos, se procede al empaquetado y etiquetado del producto.

3.8.2.9. Almacenado.- Los productos obtenidos se almacenaron en lugares frescos y secos a una temperatura no mayor a los 18°C, de manera que se logre prolongar el tiempo de anaquel del producto.

3.9. Control de calidad del pan integral de de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa.

3.9.1. Análisis Bromatológico y de Minerales del Pan Integral.

CUADRO N.- 26

Análisis bromatológico del pan integral de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa.

ANALISIS BROMATOLOGICO DEL PAN INTEGRAL								
No. DE	IDENTIFIC.	HUMEDAD	CENIZA	GRASA	PROTEINA	FIBRA	E.L.N.N	VALOR CALORICO /ENERGIA
MUESTRA		%	%	%	%	%	%	KILO CAL/100gr
P	Pan Integral	**	2,32	6,78	13,70	14,26	62,94	** BASE SECA
		7,50	2,15	6,27	12,67	13,19	58,22	159,90

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

CUADRO N.- 27

Análisis de minerales del pan integral de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa.

		ANÁLISIS DE MINERALES DEL PAN INTEGRAL							
		MACROELEMENTOS			MICROELEMENTOS				
Pan Integral	P	Potasio	Calcio	Fosforo	Cobre	Hierro	Zinc	Manganeso	Magnesio
		3,70	3,10	0,04	23,00	33,50	29,50	11,50	1,20

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.9.2. Análisis físico u organoléptico del pan integral de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa.

CUADRO N.- 28

Análisis organoléptico del pan integral de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa.

ANÁLISIS ORGANOLEPTICO DEL PAN INTEGRAL	
PARAMETRO	RESULTADO
COLOR	Pardeado
OLOR	Característico
SABOR	Característico
TEXTURA	Semi-suave

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.9.3. Volumen de leudado de la masa a los 40 minutos.

Cuadro N° 29

Volumen de leudado de la mejor formulación para elaborar pan integral de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa.

ANÁLISIS DE VOLUMEN DE LEUDADO	
Formulación	Volumen de Leudado (cm)
(40%Hna. Quinua + 40 % Hna. Avena + 20%Hna. Garbanzo)+ (1,0%TG+0,8%HPMC)	6 cm

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.9.4. Grado de elasticidad de la masa

Cuadro N° 30

Grado de elasticidad de la masa de la mejor formulación para elaborar pan integral de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa.

ANÁLISIS DE ELASTICIDAD DE LA MASA			
Blanco (SIN ENZIMA)		CON ENZIMA	
(40%Hna. Quinoa + 40 % Hna. Avena + 20%Hna. Garbanzo)		(40%Hna. Quinoa + 40 % Hna. Avena + 20%Hna. Garbanzo)+ (1,0%TG+0,8%HPMC)	
TIEMPO (Min)	DISTANCIA (cm)	TIEMPO (Min)	DISTANCIA (cm)
0	2,1	0	2,4
15	2,3	15	2,8
30	2,8	30	3,1
45	3,2	45	3,6
60	3,6	60	3,8
75	3,9	75	4,2
90	4,2	90	4,6
105	4,5	105	4,9
120	4,8	120	5,1
135	5,1	135	5,4
150	5,6	150	5,8
165	5,9	165	6,5
180	6,2	180	7,3
	SE ROMPE		SE ROMPE

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.10. Metodología y evaluación de aceptabilidad

Para poder determinar la aceptabilidad del producto se realizó unas encuestas al personal administrativo de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Con un total de 35 personas.

3.11. Diseño experimental de las mezclas para determinar el mejor de pan integral de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa.

Para la selección de los mejores tratamientos, se aplicó un diseño experimental AxB en arreglo factorial 3 x 3 implementando en un DBCA (Diseño de bloques completamente al azar) con tres repeticiones.

A continuación se detallarán los factores y niveles de estudio empleados para determinar los mejores tratamientos, para posteriormente determinar por medio de la aceptabilidad del consumidor, el mejor tratamiento.

FACTOR A: (% Hna. Quinua + % Hna. Avena + % Hna. Garbanzo)

A1 = (45% Hna. Quinua + 45 % Hna. Avena + 10% Hna. Garbanzo)

A2 = (40% Hna. Quinua + 40 % Hna. Avena + 20% Hna. Garbanzo)

A3 = (35% Hna. Quinua + 35 % Hna. Avena + 35% Hna. Garbanzo)

FACTOR B: % TRANSGLUTAMINASA + % HIDROXIPROPILMETILCELULOSA.

B1 = (1,0% TG + 0,5% HPMC)

B2 = (1,0% TG + 0,8% HPMC)

B3 = (1,0% TG + 1,0% HPMC)

TRATAMIENTOS:

1	A1B1	(45% Hna. Quinua + 45 % Hna. Avena + 10% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,5% HPMC)
2	A1B2	(45% Hna. Quinua + 45 % Hna. Avena + 10% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,8% HPMC)
3	A1B3	(45% Hna. Quinua + 45 % Hna. Avena + 10% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 1,0% HPMC)
4	A2B1	(40% Hna. Quinua + 40 % Hna. Avena + 20% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,5% HPMC)
5	A2B2	(40% Hna. Quinua + 40 % Hna. Avena + 20% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,8% HPMC)
6	A2B3	(40% Hna. Quinua + 40 % Hna. Avena + 20% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 1,0% HPMC)
7	A3B1	(35% Hna. Quinua + 35 % Hna. Avena + 35% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,5% HPMC)
8	A3B2	(35% Hna. Quinua + 35 % Hna. Avena + 35% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 0,8% HPMC)
9	A3B3	(35% Hna. Quinua + 35 % Hna. Avena + 35% Hna. Garbanzo) + (1,0% TG + 1,0% HPMC)

Total de Tratamientos: 9 tratamientos

Repeticiones: 3 repeticiones

Diseño Experimental: Se aplicará el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con un arreglo factorial AxB (3*3)

Prueba de significación: Tukey al 5%

3.11.1 HUMEDAD

Contenido de humedad en la mezcla de harinas de Quinoa, Avena y Garbanzo y la mezcla de Hidroxipropilmetilcelulosa con la Transglutaminasa.

CUADRO N.- 31

Porcentaje de humedad en las mezclas

PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LAS MEZCLAS				
TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
A1B1	6,713	6,656	6,685	6,685
A1B2	5,715	6,206	5,961	5,961
A1B3	6,225	6,681	6,453	6,453
A2B1	6,372	6,622	6,497	6,497
A2B2	7,190	7,324	7,257	7,257
A2B3	6,005	6,123	6,064	6,064
A3B1	6,206	6,324	6,265	6,265
A3B2	6,681	6,345	6,513	6,513
A3B3	6,622	6,456	6,539	6,539

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

TABLA DE ADEVA PARA LA VARIABLE HUMEDAD

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUMEDAD	18	0,88	0,76	3,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	2,33	9	0,26	6,82	0,0063
REPETICION	0,05	1	0,05	1,43	0,2667NS
MEZCLA HARINAS	0,18	2	0,09	2,41	0,1516NS
MEZCLA TG+HPMC	0,15	2	0,07	1,96	0,2034NS
MEZCLA HARINAS*MEZCLA..	1,95	4	0,49	12,82	0,0015**
Error	0,30	8	0,04		
Total	2,64	17			

En el resultado de la tabla de ADEVA con un F calculado del 5%, se obtiene que los factores mezclas de harinas y mezclas de enzimas independientemente no son significativos; sin embargo en su interacción produce un efecto altamente significativo, lo que indica que el variar dosis de mezclas de harinas combinadas con la mezcla de enzimas si producen un cambio el resultado final de la harina.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCION MEZCLAS DE HARINAS POR MEZCLAS DE ENZIMAS (TG-HPMC)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,78188

Error: 0,0368 gl: 8

MEZCLA HARINAS	MEZCLA TG+HPMC	Medias	n		
MEZCLA HARINAS	MEZCLA TG+HPMC	Medias	n		
1,00	2,00	5,96	2	A	
2,00	3,00	6,06	2	A	
3,00	1,00	6,27	2	A	
1,00	3,00	6,45	2	A	
2,00	1,00	6,50	2	A	B
3,00	2,00	6,50	2	A	B
3,00	3,00	6,54	2	A	B
1,00	1,00	6,68	2	A	B
2,00	2,00	7,26	2		B

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 dos rangos de significación en el primer rango se encuentra los tratamientos:

Tratamientos**medias**

(45% Q+45% A+10% G)	; (1% TG+0,8% HPMC)	5.96%
(40% Q+40% A+20% G)	; (1% TG+1,0 % HPMC)	6.06%
(35% Q+35% A+30% G)	; (1% TG+0,5% HPMC)	6.27%
(45% Q+45% A+10% G)	; (1% TG+1,0 % HPMC)	6.40%

En segundo rango se encuentran los tratamientos restantes con contenidos mayores de humedad.

Se debe escoger la mezcla que tenga menor humedad en este caso el tratamiento A1B2 (45%Q+45%A+10%G)+ (1% TG+0,8%HPMC) con un porcentaje de humedad de 5.96% y un CV de 3,01% lo cual indica buen manejo del ensayo en Laboratorio.

3.11.2. CENIZA

Contenido de ceniza en la mezcla de harinas de Quinoa, Avena y Garbanzo y la mezcla de Hidroxipropilmetilcelulosa con la Transglutaminasa.

CUADRO N.-32

Porcentaje de ceniza en las mezclas

PORCENTAJE DE CENIZA EN LAS MEZCLAS				
TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
A1B1	2,854	2,993	2,923	2,923
A1B2	2,860	3,133	2,996	2,996
A1B3	2,682	3,151	2,917	2,917
A2B1	2,895	3,198	3,046	3,046
A2B2	2,977	3,203	3,090	3,090
A2B3	3,013	3,140	3,077	3,077
A3B1	3,133	3,218	3,175	3,175
A3B2	3,151	3,194	3,172	3,172
A3B3	3,198	3,421	3,310	3,310

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

TABLA DE ADEVA PARA LA VARIABLE CENIZA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CENIZA	18	0,87	0,73	2,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,46	9	0,05	6,00	0,0095
REPETICION	0,20	1	0,20	23,37	0,0013
MEZCLA HARINAS	0,23	2	0,11	13,29	0,0029**
MEZCLA TG+HPMC	0,01	2	0,00	0,52	0,6150NS
MEZCLA HARINAS*MEZCLA..	0,03	4	0,01	0,75	0,5826NS
Error	0,07	8	0,01		
Total	0,53	17			

Para la variable % ceniza la tabla de ADEVA con un F calculado al 5% resalta los siguientes resultados, el factor mezclas de harina es altamente significativo, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tratamientos puesto que al variar los % de harinas producen cambio en el contenido de minerales de la mezcla y por lo tanto se acepta la hipótesis afirmativa.

La combinación de la enzima (TG+HPMC) y la interacción con mezclas de harinas nos son significativas, para este caso se acepta la hipótesis nula de igualdad de tratamientos y se rechaza la hipótesis afirmativa. Esto se debe a que las enzimas no aportan con minerales en la mezcla.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE MEZCLAS DE HARINAS

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,15186

Error: 0,0085 gl: 8

MEZCLA HARINAS	Medias	n		
1,00	2,99	6	A	
2,00	3,07	6	A	B
3,00	3,22	6		B

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

La variable mezclas de harinas presenta alta significancia por lo tanto se aplica la prueba de Tukey al 5% en esta se observa dos rangos de significación, en el primer rango se encuentra la mezcla con menor concentración A1B2 (45%Q+45%A+10%G)+ (1% TG+0,8%HPMC) con una media de 2,99% de ceniza, en el segundo rango se encuentran medias más bajas en % de ceniza.

TABLA DE MEDIAS PARA LA VARIABLE CENIZA

MEZCLA HARINAS	MEZCLA TG+HPMC	Medias	n
1,00	3,00	2,92	2
1,00	1,00	2,92	2
1,00	2,00	3,00	2
2,00	1,00	3,05	2
2,00	3,00	3,08	2
2,00	2,00	3,09	2
3,00	2,00	3,17	2
3,00	1,00	3,18	2
3,00	3,00	3,31	2

En la interacción mezclas de harinas por mezclas de enzimas (TG+ HPMC) estadísticamente no se encuentra diferencia, pero sí se compara medias numéricamente se observa variación. El mejor tratamientos se obtienen al combinar las harinas A3B3 (35%Q+35%A+30%G) con la mezcla de enzimas (1% TG+1.0 %HPMC) ya que las enzimas no aportan con contenido de minerales a la mezcla con una media de 2,92 como el valor más bajo, teniendo un CV de 2,99 lo cual indica buen manejo del ensayo en Laboratorio.

Existe un efecto muy marcado en cuanto a la mezcla (35%Q+35%A+30%G) no así con la mezcla de enzimas.

3.11.3. GRASA

Contenido de grasa en la mezcla de harinas de Quinua, Avena y Garbanzo y la mezcla de Hidroxipropilmetilcelulosa con la Transglutaminasa.

CUADRO N.-33

PORCENTAJE DE GRASA EN LAS MEZCLAS				
TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
A1B1	7,267	7,063	7,165	7,165
A1B2	9,613	9,596	9,604	9,604
A1B3	8,625	9,678	9,152	9,152
A2B1	11,249	11,320	11,284	11,284
A2B2	8,276	8,115	8,195	8,195
A2B3	9,675	9,503	9,589	9,589
A3B1	10,560	10,711	10,635	10,635
A3B2	9,678	9,770	9,724	9,724
A3B3	10,087	10,228	10,158	10,158

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

TABLA DE ADEVA PARA LA VARIABLE % DE GRASA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GRASA	18	0,98	0,95	2,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	24,56	9	2,73	37,59	<0,0001
REPETICION	0,05	1	0,05	0,70	0,4286
MEZCLA HARINAS	7,36	2	3,68	50,72	<0,0001**
MEZCLA TG+HPMC	0,97	2	0,48	6,68	0,0197*
MEZCLA HARINAS*MEZCLA..	16,17	4	4,04	55,70	<0,0001**
Error	0,58	8	0,07		
Total	25,14	17			

Para la variable % grasa la tabla de ADEVA con un F calculado al 5% resalta los siguientes resultados todos los factores e interacciones son significativas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tratamientos y se acepta la hipótesis afirmativa. En este estudio la mezcla de harinas y mezcla de enzimas afectan en el contenido de grasa de producto final.

PRUEBA DE TUKEY PARA MECLAS DE HARINAS

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,44446

Error: 0,0726 gl: 8

MEZCLA HARINAS	Medias	n	
1,00	8,64	6	A
2,00	9,69	6	B
3,00	10,17	6	C

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

En la prueba de Tukey al 5%, la mezcla que mayor aporte de grasa proporciona en el producto final es el nivel tres (35%Q+35%A+30%G) con un promedio de 10.17% de grasa.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA MEZCLA DE ENZIMAS

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,44446

Error: 0,0726 gl: 8

MEZCLA TG+HPMC	Medias	n	
2,00	9,17	6	A
3,00	9,63	6	B
1,00	9,70	6	B

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

Si se analiza la prueba de Tukey al 5% en la mezcla de enzimas resulta igual utilizar la mezcla (1% TG+0.5% HPMC) y (1% TG+1% HPMC) con promedios de 9.70 y 9.63% de grasa.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCION MEZCLA DE HARINAS POR MEZCLAS DE ENZIMAS.

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 1,09864

Error: 0,0726 gl: 8

MEZCLA HARINAS	MEZCLA TG+HPMC	Medias	n					
1,00	1,00	7,17	2	A				
2,00	2,00	8,20	2	A	B			
1,00	3,00	9,15	2		B	C		
2,00	3,00	9,59	2			C	D	
1,00	2,00	9,60	2			C	D	
3,00	2,00	9,72	2			C	D	
3,00	3,00	10,16	2			C	D	
3,00	1,00	10,64	2				D	E
2,00	1,00	11,29	2					E

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

La interacción presentó alta significancia por lo que se requiere aplicar la aprueba de Tukey al 5%, en esta prueba se obtienen algunos rangos de los cuales el mejor es tratamiento es mezcla de harina A1B1(45%Q+45%A+10%G) con mezcla de enzima (1% TG+0.5% HPMC)ya en la elaboración de pan integral se requiere la utilización de la mínima cantidad de grasa, tomando como la mejor a la media 7,17 DE teniendo un CV de 2,84% lo cual indica buen manejo del ensayo en Laboratorio.

3.11.4. PROTEINA

Contenido de proteína en la mezcla de harinas de Quinoa, Avena y Garbanzo y la mezcla de Hidroxipropilmetilcelulosa con la Transglutaminasa.

CUADRO N.-34

PORCENTAJE DE PROTEINA EN LA MEZCLA				
TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
A1B1	15,509	14,693	15,101	15,101
A1B2	16,651	15,757	16,204	16,204
A1B3	13,285	14,360	13,822	13,822
A2B1	14,746	14,422	14,584	14,584
A2B2	11,847	11,933	11,890	11,890
A2B3	14,795	14,842	14,819	14,819
A3B1	15,757	15,913	15,835	15,835
A3B2	14,360	14,360	14,360	14,360
A3B3	11,105	10,820	10,963	10,963

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

TABLA DE ADEVA PARA LA VARIABLE PROTEINA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PROTEINA	18	0,97	0,94	2,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	48,08	9	5,34	31,21	<0,0001
REPETICION	0,05	1	0,05	0,30	0,6005
MEZCLA HARINAS	6,77	2	3,39	19,78	0,0008**
MEZCLA TG+HPMC	11,67	2	5,83	34,09	0,0001**
MEZCLA HARINAS*MEZCLA..	29,58	4	7,40	43,20	<0,0001**
Error	1,37	8	0,17		
Total	49,45	17			

En % grasa la tabla de ADEVA con un F calculado al 5% se observa los siguientes resultados todos los factores e interacciones son significativas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tratamientos y se acepta la hipótesis afirmativa. En este estudio la mezcla de harinas y mezcla de enzimas afectan en el contenido de proteína de producto final.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE MEZCLA DE HARINAS

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,68256

Error: 0,1712 gl: 8

MEZCLA HARINAS	Medias	n	
3,00	13,72	6	A
2,00	13,76	6	A
1,00	15,04	6	B

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

En la prueba de Tukey al 5%, la mezcla que mayor aporte de proteína proporciona en el producto final es (45%Q+45%A+10%G) con un promedio de 15,04% de proteína.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE MEZCLA DE ENZIMAS

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,68256

Error: 0,1712 gl: 8

MEZCLA TG+HPMC	Medias	n	
3,00	13,20	6	A
2,00	14,15	6	B
1,00	15,17	6	C

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

Si se analiza la prueba de Tukey al 5% en la mezcla de enzimas resulta que el tratamiento (1% TG+0.5% HPMC) tiene mayor % de proteína 15.17%.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN MEZCLA DE HARINAS POR MEZCLAS DE ENZIMAS.

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 1,68719

Error: 0,1712 gl: 8

MEZCLA HARINAS	MEZCLA TG+HPMC	Medias	n				
3,00	3,00	10,96	2	A			
2,00	2,00	11,89	2	A			
1,00	3,00	13,82	2		B		
3,00	2,00	14,36	2		B	C	
2,00	1,00	14,58	2		B	C	D
2,00	3,00	14,82	2		B	C	D
1,00	1,00	15,10	2		B	C	D
3,00	1,00	15,84	2			C	D
1,00	2,00	16,20	2				D

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

La interacción presentó alta significancia por lo que se requiere aplicar la aprueba de Tukey al 5%, en esta prueba se obtienen algunos rangos de los cuales el mejor es tratamiento es mezcla de harina A₂B₂ (40%Q+40%A+20%G) con mezcla de enzima (1% TG+0.8% HPMC), con un CV de 2,92% lo cual indica buen manejo del ensayo en Laboratorio.

3.11.4. FIBRA

Contenido de fibra en la mezcla de harinas de Quinoa, Avena y Garbanzo y la mezcla de Hidroxipropilmetilcelulosa con la Transglutaminasa.

CUADRO N.-35

Porcentaje de fibra en las mezclas

PORCENTAJE DE FIBRA EN LAS MEZCLAS				
TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
A1B1	4,039	4,263	4,151	4,151
A1B2	3,583	3,867	3,725	3,725
A1B3	4,027	3,756	3,891	3,891
A2B1	3,450	3,227	3,339	3,339
A2B2	4,361	4,519	4,440	4,440
A2B3	3,219	3,023	3,121	3,121
A3B1	4,309	4,051	4,180	4,180
A3B2	3,756	3,756	3,756	3,756
A3B3	5,289	5,488	5,389	5,389

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

TABLA DE ADEVA PARA LA VARIABLE % DE FIBRA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FIBRA	18	0,97	0,94	4,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	7,07	9	0,79	29,41	<0,0001
REPETICION	0,00	1	0,00	0,01	0,9176
MEZCLA HARINAS	2,01	2	1,01	37,73	0,0001**
MEZCLA TG+HPMC	0,19	2	0,09	3,49	0,0815NS
MEZCLA HARINAS*MEZCLA..	4,86	4	1,22	45,56	<0,0001**
Error	0,21	8	0,03		
Total	7,28	17			

Para la variable % fibra en la tabla de ADEVA con un F calculado al 5% se tiene los siguientes resultados; la variable mezcla de harinas y su interacción con mezcla de enzimas son altamente significativos por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de igualdad de

tratamientos y se acepta la hipótesis afirmativa. En este estudio la mezcla de harinas afectan en el contenido de fibra del producto final.

La mezcla de enzimas no tiene efecto en el contenido de fibra, cuando se la emplea sola.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE MEZCLA DE HARINAS

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,26952

Error: 0,0267 gl: 8

MEZCLA HARINAS	Medias	n	
2,00	3,63	6	A
1,00	3,92	6	B
3,00	4,44	6	C

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

En la prueba de Tukey al 5%, la mezcla que mayor aporte de fibra proporciona en el producto final es (35%Q+35%A+30%G) con un promedio de 4.44%.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN MEZCLA DE HARINAS POR MEZCLAS DE ENZIMAS.

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,66622

Error: 0,0267 gl: 8

MEZCLA HARINAS	MEZCLA TG+HPMC	Medias	n				
2,00	3,00	3,12	2	A			
2,00	1,00	3,34	2	A	B		
1,00	2,00	3,73	2	A	B	C	
3,00	2,00	3,76	2	A	B	C	
1,00	3,00	3,89	2		B	C	D
1,00	1,00	4,15	2			C	D
3,00	1,00	4,18	2			C	D
2,00	2,00	4,44	2				D
3,00	3,00	5,39	2				E

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 define claramente que la mezcla A₃B₃(35%Q+35%A+30%G) y enzimas; (1% TG+1% HPMC) producen 5.39% de fibra en la mezcla final. Con un CV de 4,09% lo cual indica buen manejo del ensayo en Laboratorio.

3.11.5. ELEMENTOS NO NITROGENADOS

Contenido de elementos no nitrogenados en la mezcla de harinas de Quinoa, Avena y Garbanzo y la mezcla de Hidroxipropilmetilcelulosa con la Transglutaminasa.

CUADRO N.-36

Porcentaje de E.L.N.N en las mezclas

PORCENTAJE DE E.L.N.N EN LAS MEZCLAS				
TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
A1B1	63,619	64,332	63,976	63,976
A1B2	61,578	61,441	61,509	61,509
A1B3	65,156	62,374	63,765	63,765
A2B1	61,288	61,210	61,249	61,249
A2B2	65,349	64,907	65,128	65,128
A2B3	63,292	63,369	63,330	63,330
A3B1	60,035	59,784	59,910	59,910
A3B2	62,374	62,576	62,475	62,475
A3B3	63,698	63,587	63,642	63,642

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

TABLA DE ADEVA PARA LA VARIABLE % DE ELEMENTOS NO NITROGENADOS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
E.L.N.N	18	0,92	0,82	1,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	43,02	9	4,78	9,87	0,0018
REPETICION	0,44	1	0,44	0,91	0,3675
MEZCLA HARINAS	5,39	2	2,69	5,56	0,0306*
MEZCLA TG+HPMC	11,13	2	5,56	11,49	0,0044**
MEZCLA HARINAS*MEZCLA..	26,07	4	6,52	13,46	0,0013**
Error	3,87	8	0,48		
Total	46,89	17			

Para la variable % E.L.N.N la tabla de ADEVA con un F calculado al 5% resalta los siguientes resultados todos los factores e interacciones son significativas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tratamientos y se acepta la hipótesis afirmativa. En este estudio la mezcla de harinas y mezcla de enzimas afectan en el contenido de E.L.N.N de producto final.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE MEZCLA DE HARINAS

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 1,14800

Error: 0,4842 gl: 8

MEZCLA HARINAS	Medias	n		
3,00	62,01	6	A	
1,00	63,08	6	A	B
2,00	63,24	6		B

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

En la prueba de Tukey al 5%, la mezcla que mayor aporte de E.L.N.N proporciona en el producto final es (40%Q+40%A+20%G) con un promedio de 63.24%.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE MEZCLA DE ENZIMAS

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 1,14800

Error: 0,4842 gl: 8

MEZCLA TG+HPMC	Medias	n		
1,00	61,71	6	A	
2,00	63,04	6		B
3,00	63,58	6		B

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

Si se analiza la prueba de Tukey al 5% en la mezcla de enzimas resulta mejor utilizar la mezcla A₂B₂ (40%Q+40%A+20%G) + (1% TG+0.8% HPMC) con promedio de 63.58 de E.L.N.N.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN MEZCLA DE HARINAS POR MEZCLAS DE ENZIMAS.

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 2,83768

Error: 0,4842 gl: 8

MEZCLA HARINAS	MEZCLA TG+HPMC	Medias	n			
3,00	1,00	59,91	2	A		
2,00	1,00	61,25	2	A	B	
1,00	2,00	61,51	2	A	B	
3,00	2,00	62,48	2	A	B	C
2,00	3,00	63,34	2		B	C
3,00	3,00	63,65	2		B	C
1,00	3,00	63,77	2		B	C
1,00	1,00	63,98	2		B	C
2,00	2,00	65,13	2			C

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

En la interacción al ser altamente significativa se aplica la prueba de Tukey al 5%, en esta prueba se observa que la mezcla A₂B₂ (40%Q+40%A+20%G) y enzimas (1% TG+0.8% HPMC) producen 65.13 % de E.L.N.N por lo tanto este es el mejor tratamiento ya que posee mayor cantidad de elementos nitrogenados. Con un CV de 1,11% lo cual indica buen manejo del ensayo en Laboratorio.

3.11.6. VALOR CALORICO/ENERGIA

Contenido de Valor Calórico/Energía en la mezcla de harinas de Quinoa, Avena y Garbanzo y la mezcla de Hidroxipropilmetilcelulosa con la Transglutaminasa.

CUADRO N.- 37

Porcentaje de valor calórico/energía en la mezcla

PORCENTAJE DE VALOR CALORICO/ENERGIA EN LA MEZCLA				
TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
A1B1	143,588	139,394	141,491	141,491
A1B2	167,451	164,862	166,157	166,157
A1B3	146,872	159,566	153,219	153,219
A2B1	174,023	172,479	173,251	173,251
A2B2	139,316	138,840	139,078	139,078
A2B3	159,133	156,988	158,060	158,060
A3B1	175,302	176,251	175,777	175,777
A3B2	159,566	160,393	159,979	159,979
A3B3	156,361	157,287	156,824	156,824

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

TABLA DE ADEVA PARA LA VARIABLE VALOR CALORICO/ENERGIA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
KILO CAL/100G	18	0,96	0,92	2,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	2548,11	9	283,12	23,49	0,0001
REPETICION	1,10	1	1,10	0,09	0,7704
MEZCLA HARINAS	353,08	2	176,54	14,64	0,0021**
MEZCLA TG+HPMC	255,80	2	127,90	10,61	0,0056**
MEZCLA HARINAS*MEZCLA..	1938,13	4	484,53	40,19	<0,0001**
Error	96,44	8	12,06		
Total	2644,55	17			

Para la variable KILO CAL/100G, la tabla de ADEVA con un F calculado al 5% resalta los siguientes resultados todos los factores e interacciones son significativas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tratamientos y se acepta la hipótesis afirmativa. En este estudio la mezcla de harinas y mezcla de enzimas afectan en el contenido de energía del producto final.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE MEZCLA DE HARINAS

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 5,72800

Error: 12,0553 gl: 8

MEZCLA HARINAS	Medias	n	
1,00	153,62	6	A
2,00	156,80	6	A
3,00	164,19	6	B

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

En la prueba de Tukey al 5%, la mezcla que menor aporte de energía proporciona en el producto final es A₁B₃ (45%Q+45%A+10%G) con un promedio de 153.62 de Kcal/100g

PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE MEZCLA DE ENZIMAS

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 5,72800

Error: 12,0553 gl: 8

MEZCLA TG+HPMC	Medias	n	
2,00	155,07	6	A
3,00	156,03	6	A
1,00	163,51	6	B

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

Si se analiza la prueba de Tukey al 5% en la mezcla de enzimas resulta que el tratamiento (1% TG+0.5% HPMC) tiene mayor cantidad de energía 163,51 kilo cal/100g.

PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN MEZCLA DE HARINAS POR MEZCLAS DE ENZIMAS.

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 14,15874

Error: 12,0553 gl: 8

MEZCLA HARINAS	MEZCLA TG+HPMC	Medias	n				
2,00	2,00	139,08	2	A			
1,00	1,00	141,49	2	A			
1,00	3,00	153,22	2	A	B		
3,00	3,00	156,82	2		B		
2,00	3,00	158,06	2		B		
3,00	2,00	159,98	2		B	C	
1,00	2,00	166,16	2		B	C	D
2,00	1,00	173,25	2			C	D
3,00	1,00	175,78	2				D

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

La interacción es altamente significativa por lo tanto requiere realizar una prueba de Tukey al 5%, en esta prueba se define claramente que la mezcla A₂B₂ (40%Q+40%A+20%G) y enzimas (1% TG+0,8% HPMC) producen 139.08 kilo cal/100g. Si el objetivo es obtener un producto bajo en calorías este tratamiento es la mejor alternativa, teniendo un CV de 2,19% lo cual indica buen manejo del ensayo en Laboratorio.

En todas las tablas de ADEVA analizadas presentan coeficientes de variación menores a 5%, lo cual indican buen manejo del ensayo en Laboratorio.

3.12.Población y Muestra

Mediante la aplicación de la fórmula:

$$n = \frac{(N) (Z)^2 (S)^2}{(N - 1) (e)^2 + (Z)^2 (S)^2}$$

En donde

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

Z = Margen de confiabilidad o número de unidades de desviación estándar en la distribución normal que producirá el nivel deseado de confianza (para una confianza de 95% o una $\alpha = 0.05$, $Z = 1.96$. Para una confianza de 99% o una $\alpha = 0.01$, $Z = 2.58$)

S² = Varianza conservadora (0.5) (0.5) o desviación estándar de la población (conocida o estimada a partir de anteriores estudios o de una prueba piloto)

e = margen d error o diferencia máxima entre la media muestra y la media de población que se está dispuesto a aceptar con el nivel de confianza que se ha definido.

Tipo: Muestra estratificada

Cálculo:

n = Tamaño de la muestra

N = 41 personas

Z = 1.96. Con un 95 % de confianza

S² = (0.5)

e = 5%

$$n = \frac{(N) (Z)^2 (S)^2}{(N - 1) (e)^2 + (Z)^2 (S)^2}$$

$$n = \frac{(41) (1.96)^2 (0.5)^2}{(35 - 1) (0.05)^2 + (1.96)^2 (0.5)^2}$$

$$n = \frac{(35) (3.8416)(0.25)}{(34) (0.0025) + (3.8416)(0.25)}$$

$$n = \frac{33.614}{1.0454}$$

$$n = 32.15 \cong \mathbf{32 \text{ personas}}$$

3.13.Evaluación de aceptabilidad del pan integral de quinua, avena y garbanzo con la adición de hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima transglutaminasa.

La elaboración de pan integral, es una buena elección alimenticia que aportará en la alimentación nutricional, con el fin de mejorar la nutrición de quienes lo consuman.

Según los resultados obtenidos en la información estadística de los análisis bromatológicos de cada tratamiento, tanto en el esquema del ADEVA, como en las tablas de la prueba de TUKEY al 5 %, se determina que las mezclas a emplear en la prueba de aceptabilidad al consumidor son las siguientes:

CUADRO N.- 38

Formulaciones del Pan Integral

MEJORES FORMULACIONES			
MUESTRA	1	A1B2	(45%Hna. Quinoa +45 % Hna. Avena+10%Hna. Garbanzo)+(1,0% TG+0,8%HPMC)
MUESTRA	2	A1B1	(45%Hna. Quinoa +45 % Hna. Avena+10%Hna. Garbanzo)+(1,0% TG+0,5%HPMC)
MUESTRA	3	A2B2	(40%Hna. Quinoa +40 % Hna. Avena+20%Hna. Garbanzo)+(1,0% TG+0,8%HPMC)
MUESTRA	4	A3B3	(35%Hna. Quinoa +35 % Hna. Avena+35%Hna. Garbanzo)+(1,0% TG+1,0%HPMC)

Fuente: Morales, Ximena; Lab. UTE/2010

3.14. Análisis de las encuestas.

3.14.1. Tabulación y gráfica de información de las encuestas.

En los siguientes cuadros se puede apreciar los resultados de las encuestas en cuanto a las características organolépticas como el olor, color, sabor y textura. Con una población de 32 personas.

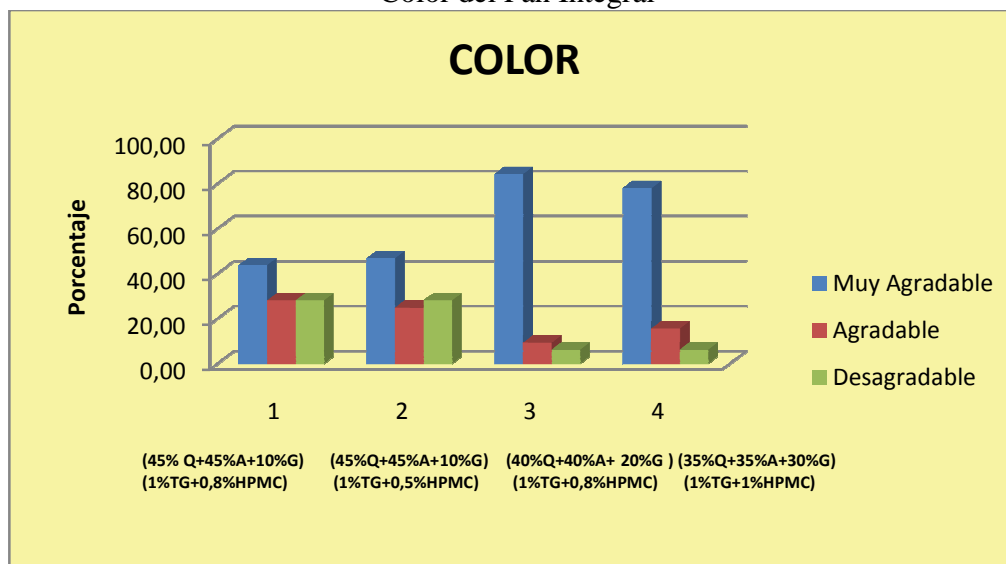
3.14.1.1. Análisis del color

Cuadro N° 39

Color del Pan Integral

COLOR	Diagnostico	Muestras							
		M1	%	M2	%	M3	%	M4	%
	Muy Agradable	14	43,75	15	46,88	27	84,38	25	78,13
	Agradable	9	28,13	8	25,00	3	9,38	5	15,63
	Desagradable	9	28,13	9	28,13	2	6,25	2	6,25
	Total	32	100	32	100	32	100	32	100

Fuente: Morales, Ximena; UTE/2010

Gráfico. N°01**Color del Pan Integral**

Fuente: Morales, Ximena; UTE/2010

Análisis

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar en el gráfico No 01, que la mejor alternativa de las muestras, en cuanto al color es la muestra 3, (A2B2).

A2= 40% Quinua+40% Avena+20% Garbanzo); B2= (1% TG+0,8% HPMC), calificada como Muy Agradable con un 84,38%.

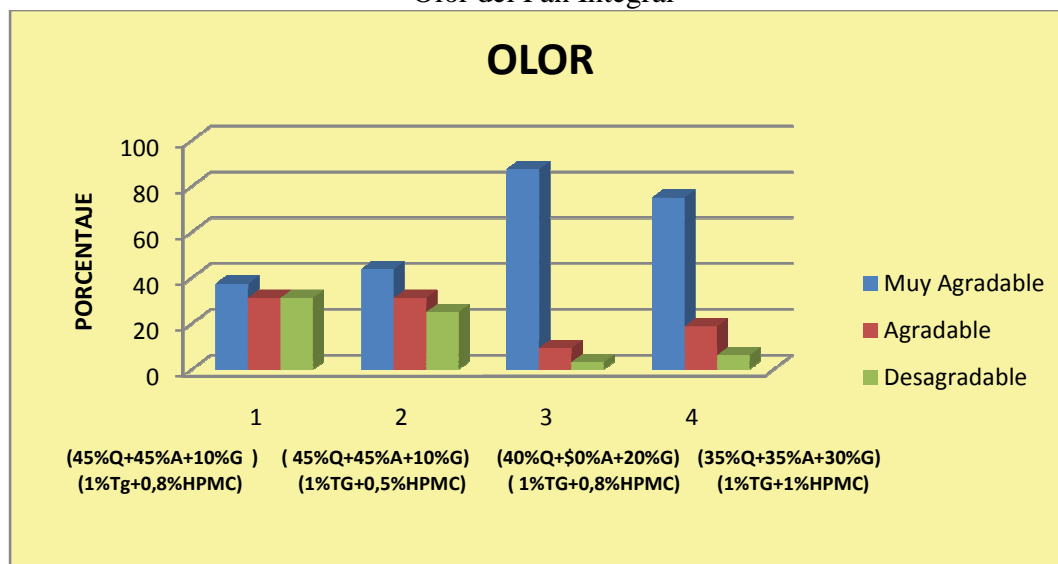
3.14.1.2. Análisis del Olor**Cuadro N°40****Olor del Pan Integral**

	Diagnostico	Muestras							
		M1	%	M2	%	M3	%	M4	%
OLOR	Muy Agradable	12	37,5	14	43,75	28	87,5	24	75
	Agradable	10	31,25	10	31,25	3	9,375	6	18,75
	Desagradable	10	31,25	8	25	1	3,125	2	6,25
	Total	32	100	32	100	32	100	32	100

Fuente: Morales, Ximena; UTE/2010

Gráfico. N°02

Olor del Pan Integral



Fuente: Morales, Ximena; UTE/2010

Análisis

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar en el gráfico No 02, que la mejor alternativa de las muestras, en cuanto al olor es la muestra 3, (A2B2).

A2= 40% Quinua+40%Avena+20% Garbanzo); B2= (1% TG+0,8% HPMC), calificada como Muy Agradable con un 87,5%.

3.14.1.3. Análisis del Sabor

Cuadro N°41

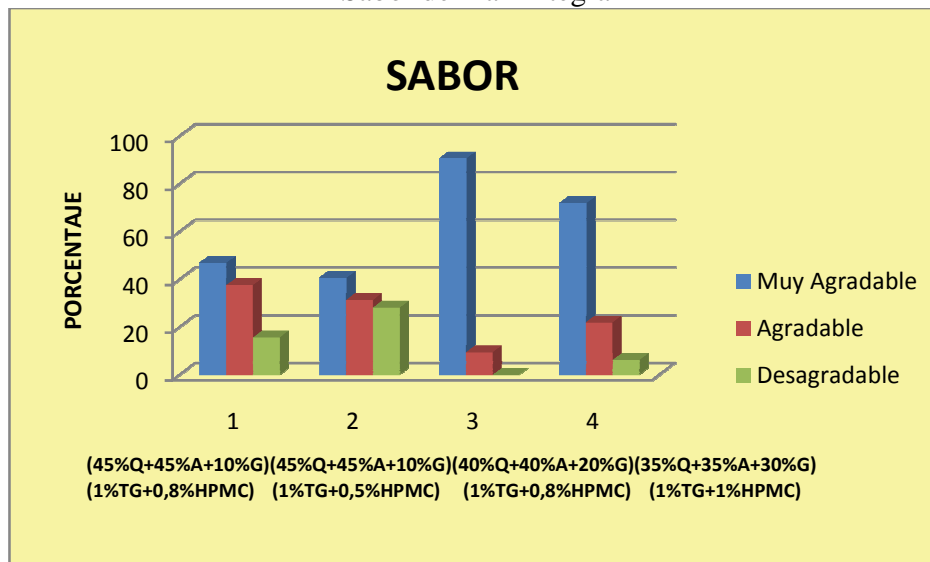
Sabor del Pan Integral

SABOR	Diagnostico	Muestras							
		M1	%	M2	%	M3	%	M4	%
	Muy Agradable	15	46,875	13	40,625	29	90,625	23	71,875
	Agradable	12	37,5	10	31,25	3	9,375	7	21,875
	Desagradable	5	15,625	9	28,125	0	0	2	6,25
	Total	32	100	32	100	32	100	32	100

Fuente: Morales, Ximena; UTE/2010

Gráfico. N°03

Sabor del Pan Integral



Fuente: Morales, Ximena; UTE/2010

Análisis

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar en el gráfico No 03, que la mejor alternativa de las muestras, en cuanto al Sabor es la muestra 3, (A2B2).

A2= 40% Quinua+40% Avena+20% Garbanzo); B2= (1% TG+0,8% HPMC), calificada como Muy Agradable con un 90,625 %.

3.14.1.4. Análisis del Textura

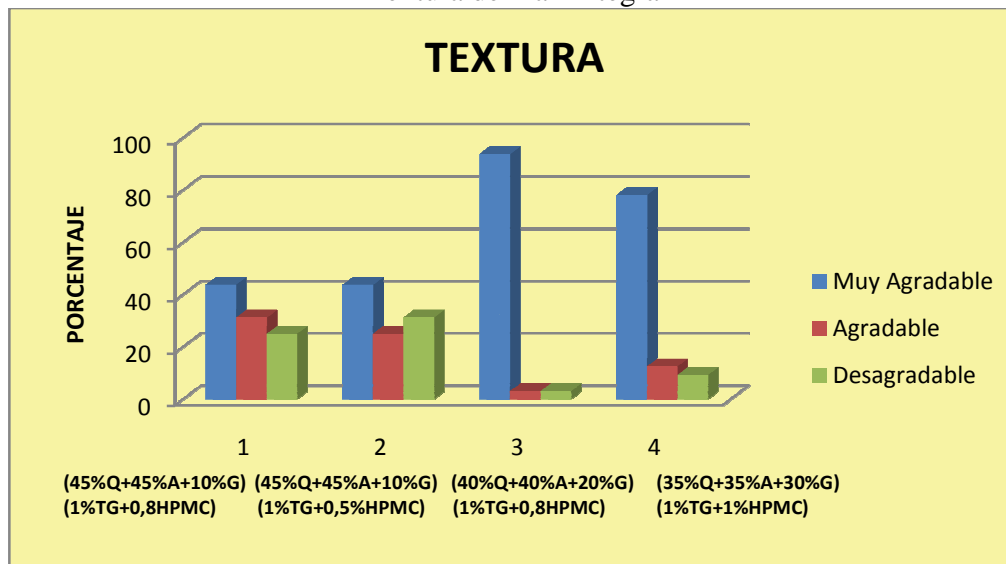
Cuadro N°42
Textura del Pan Integral

TEXTURA	Diagnostico	Muestras							
		M1	%	M2	%	M3	%	M4	%
Muy Agradable		14	43,75	14	43,75	30	93,75	25	78,125
Agradable		10	31,25	8	25	1	3,125	4	12,5
Desagradable		8	25	10	31,25	1	3,125	3	9,375
Total		32	100	32	100	32	100	32	100

Fuente: Morales, Ximena; UTE/2010

Gráfico. N°04

Textura del Pan Integral



Fuente: Morales, Ximena; UTE/2010

Análisis

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar en el gráfico No 04, que la mejor alternativa de las muestras, en cuanto al Textura es la muestra 3, (A2B2).

A2= 40% Quinoa+40% Avena+20% Garbanzo); B2= (1% TG+0,8% HPMC), calificada como Muy Agradable con un 93,75 %.

3.14.1.5. Análisis de la mejor fórmula del Pan Integral a base de la mezcla harinas de Quinoa, Avena y Garbanzo con la adición de Hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima Transglutaminasa.

Cuadro N° 43

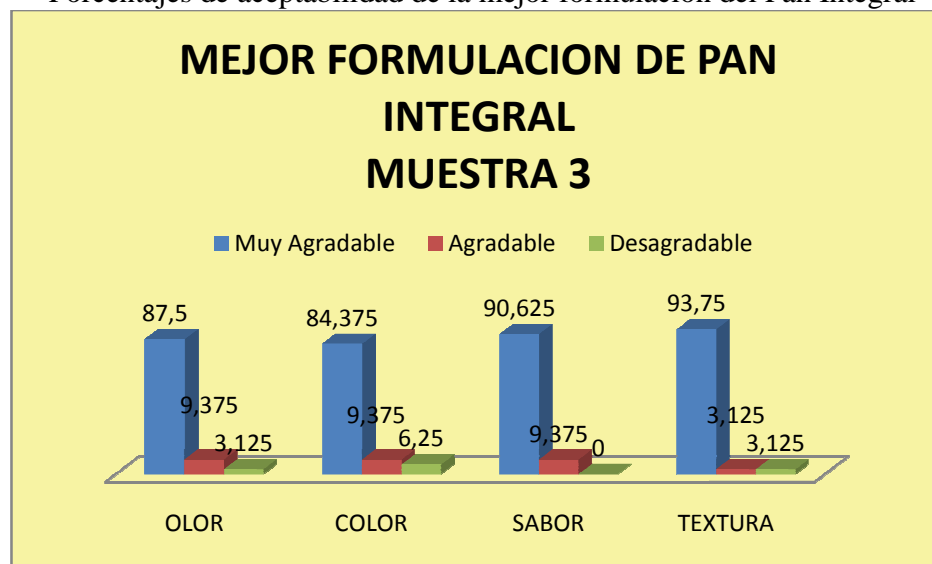
Porcentajes de aceptabilidad de la mejor formulación del Pan Integral

Muestra 3	DIAGNÓSTICO	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
	Muy Agradable	87,5	84,375	90,625	93,75
Agradable	9,375	9,375	9,375	3,125	
Desagradable	3,125	6,25	0	3,125	
TOTAL	100	100	100	100	

Fuente: Morales, Ximena; UTE/2010

Gráfico. N°05

Porcentajes de aceptabilidad de la mejor formulación del Pan Integral



Fuente: Morales, Ximena; UTE/2010

Análisis de la mejor fórmula del Pan Integral

Una vez analizadas los resultados de las encuestas en parámetros como el olor, color, sabor y textura, se concluye que la fórmula que mayor aceptación es la muestra 3, (A2B2).

A2= 40% Quinua+40% Avena+20% Garbanzo); B2= (1% TG+0,8% HPMC), calificada como Muy Agradable en relación al olor, color, sabor y textura.

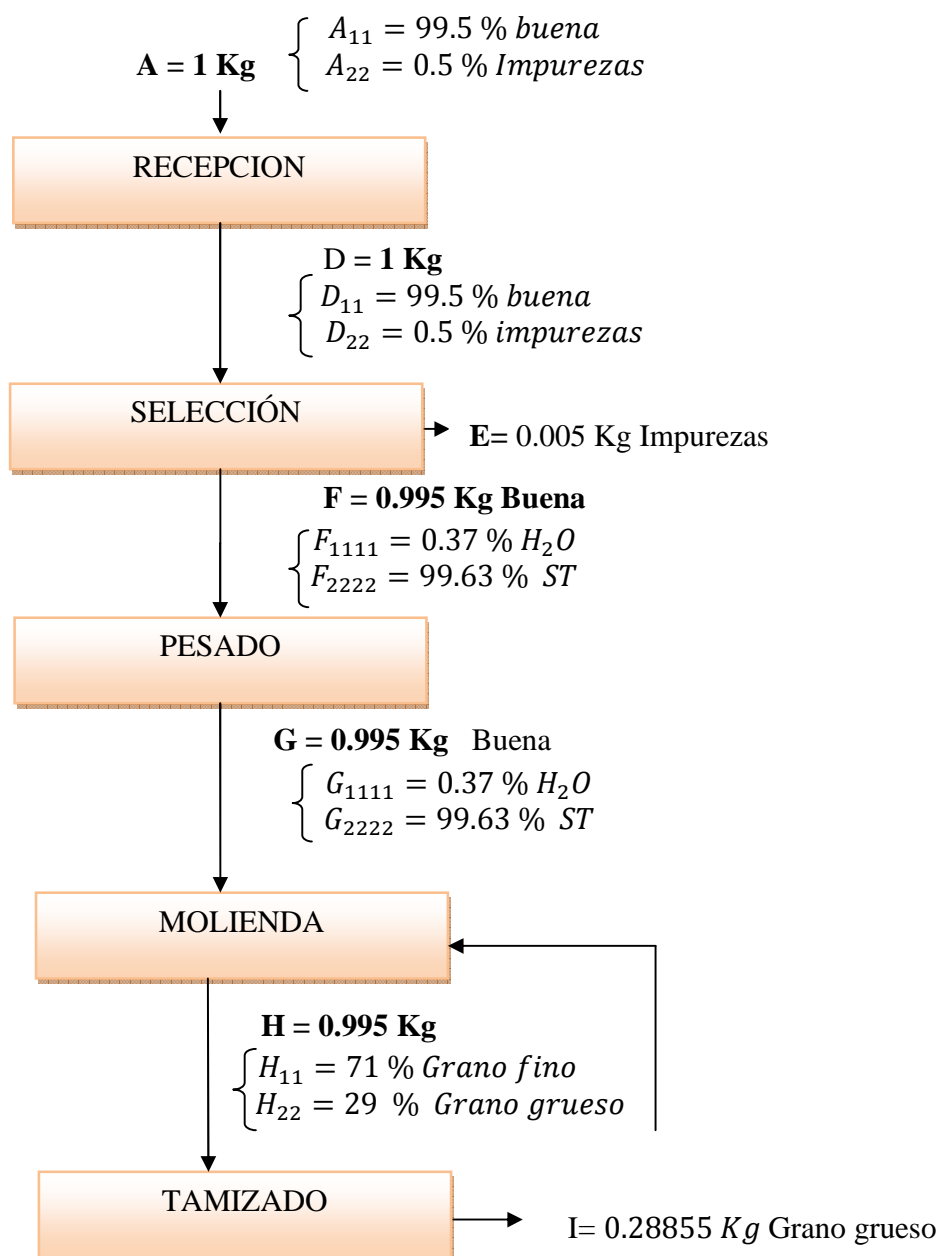
CAPITULO IV

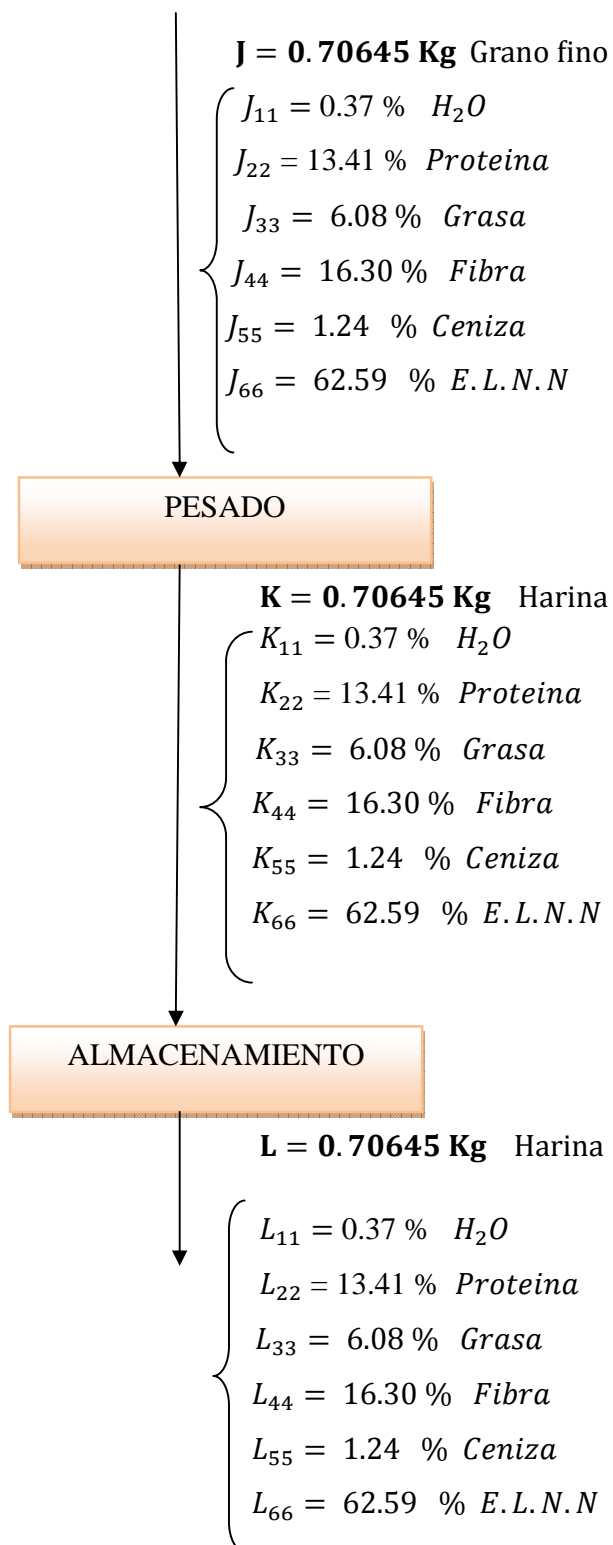
4.1 Balance de materia a nivel de laboratorio.

4.1.1 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de avena

A NIVEL DE LABORATORIO

Base de cálculo: 1 Kg

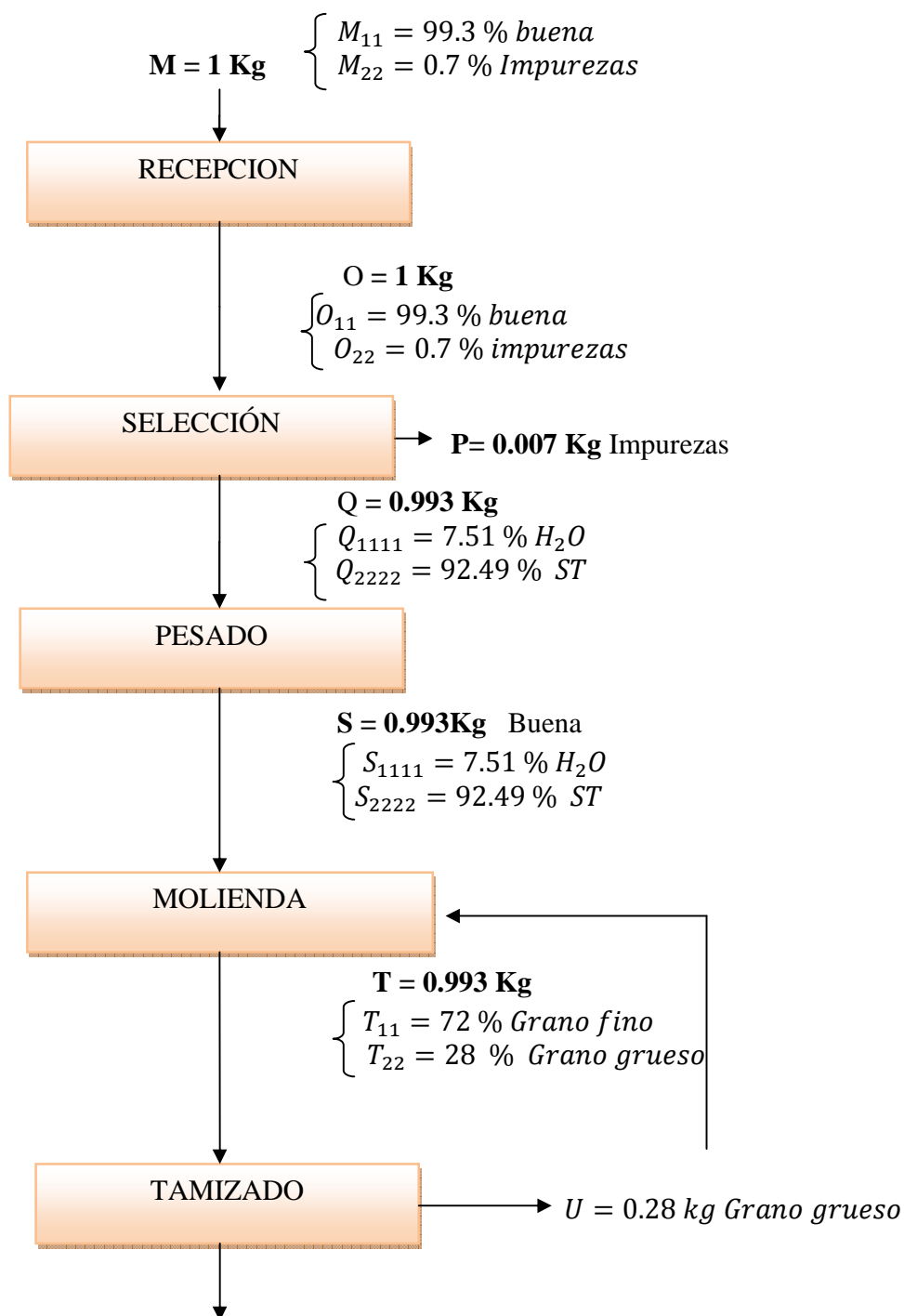


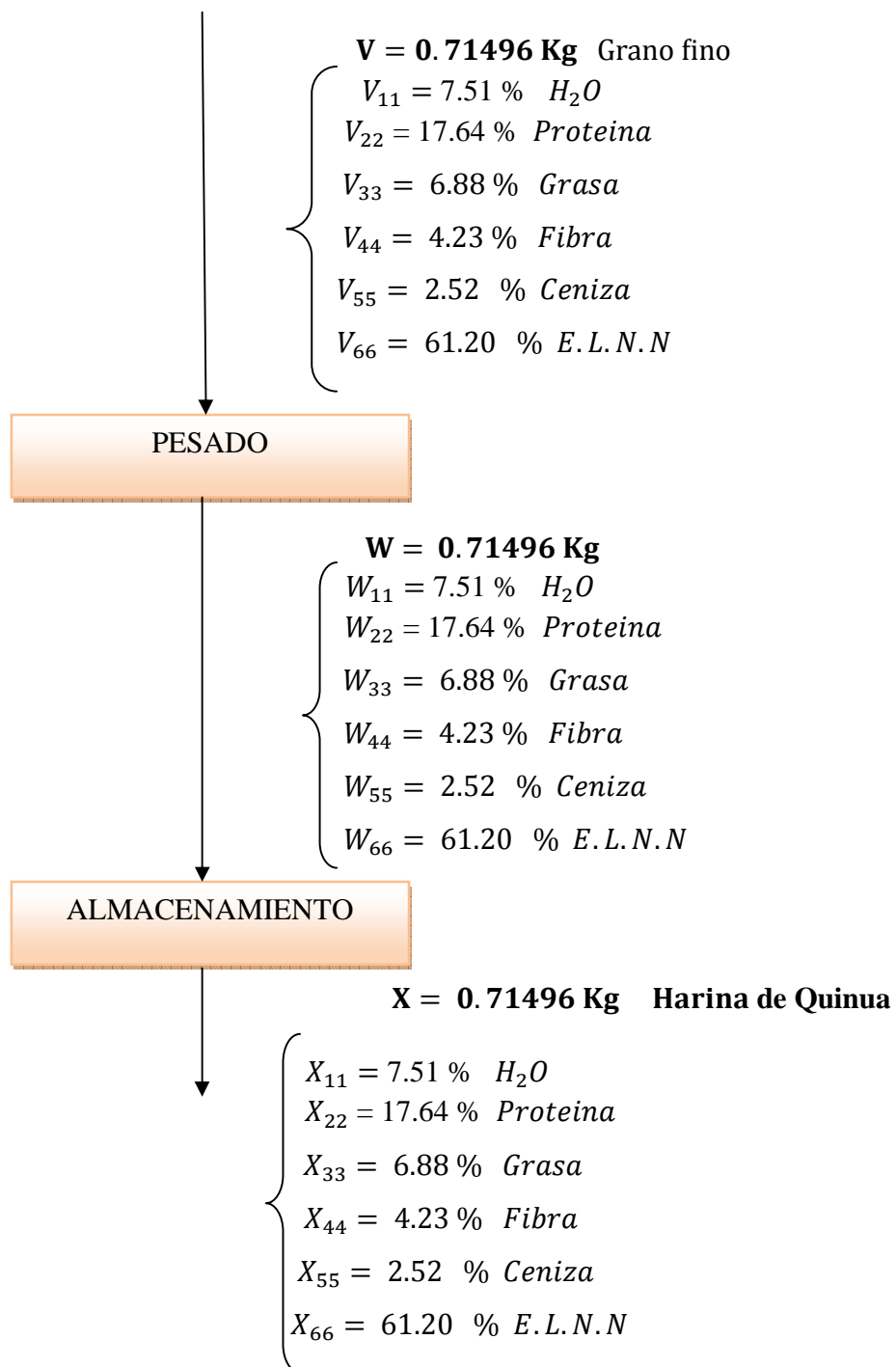


4.1.2 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de Quinua

A NIVEL DE LABORATORIO

Base de cálculo: 1 Kg

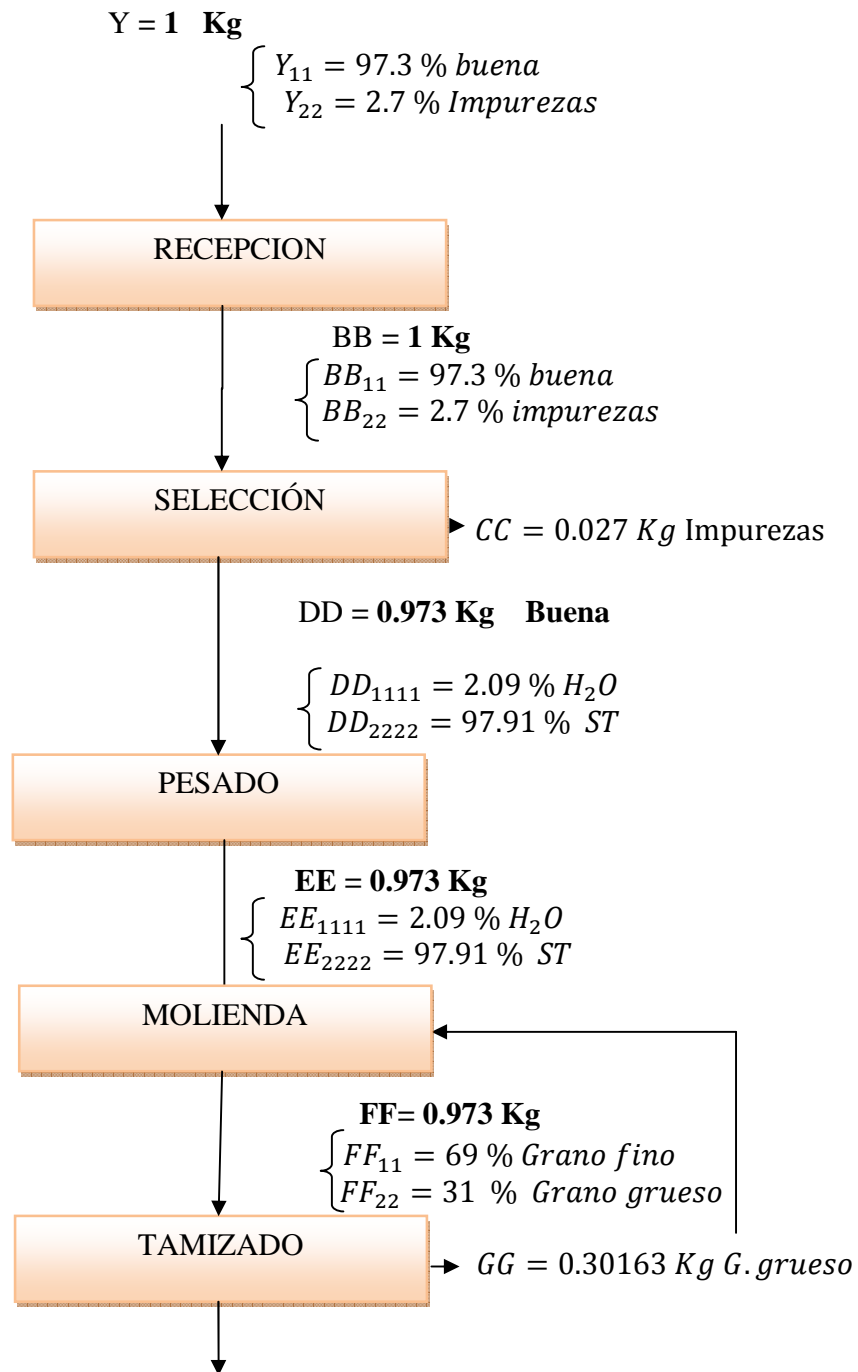


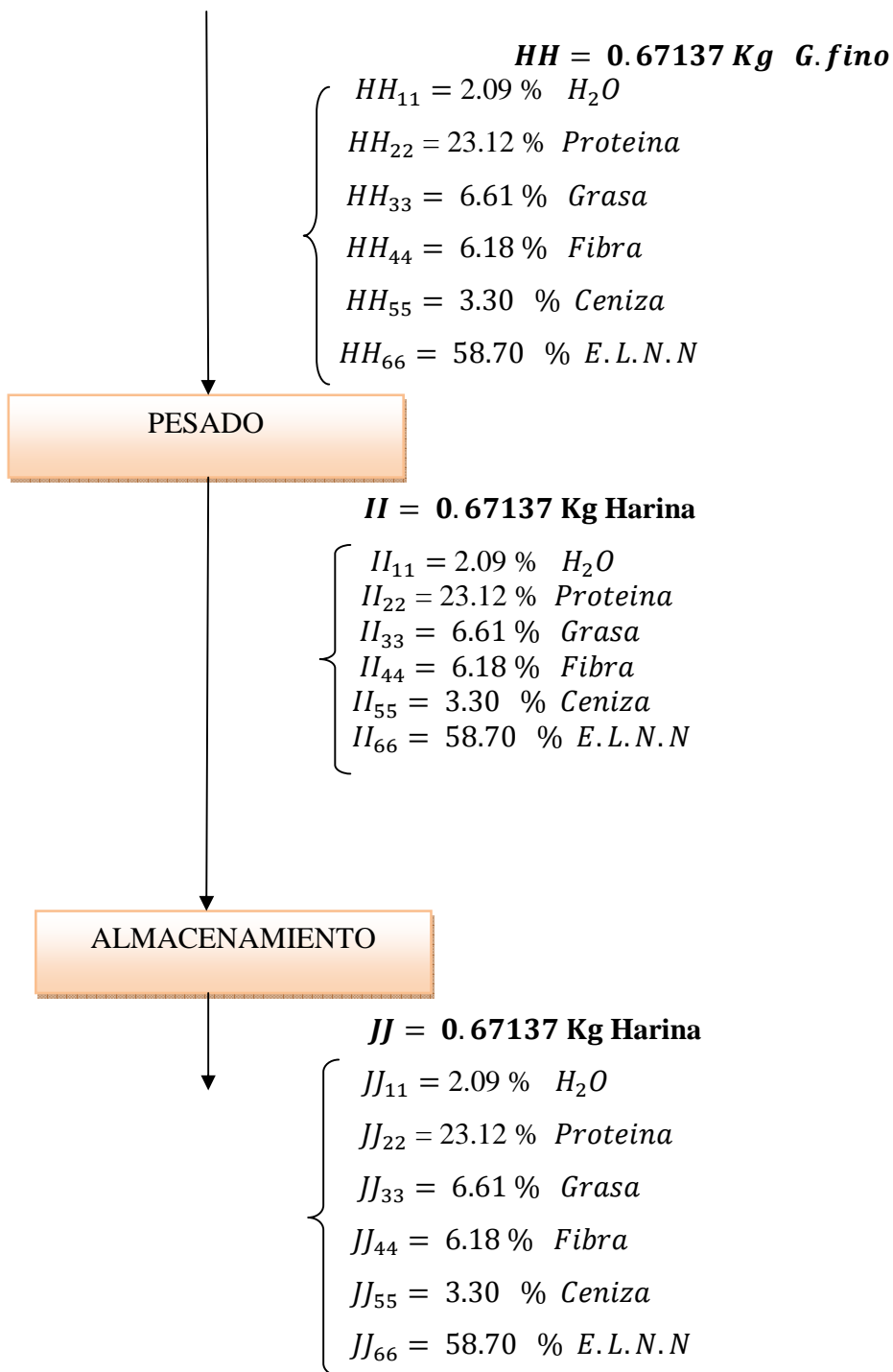


4.1.3 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de Garbanzo

A NIVEL DE LABORATORIO

Base de cálculo: 1 Kg

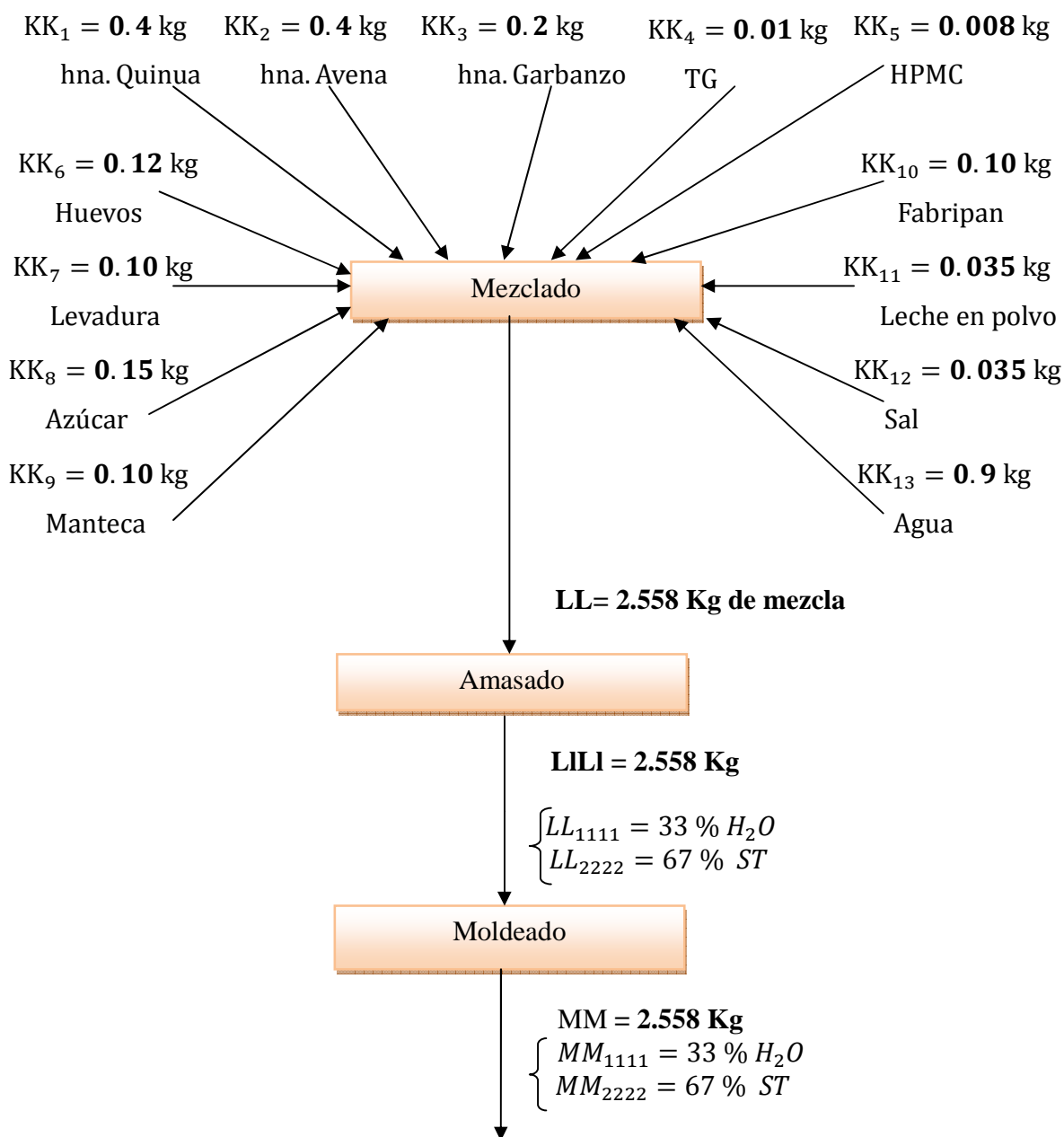


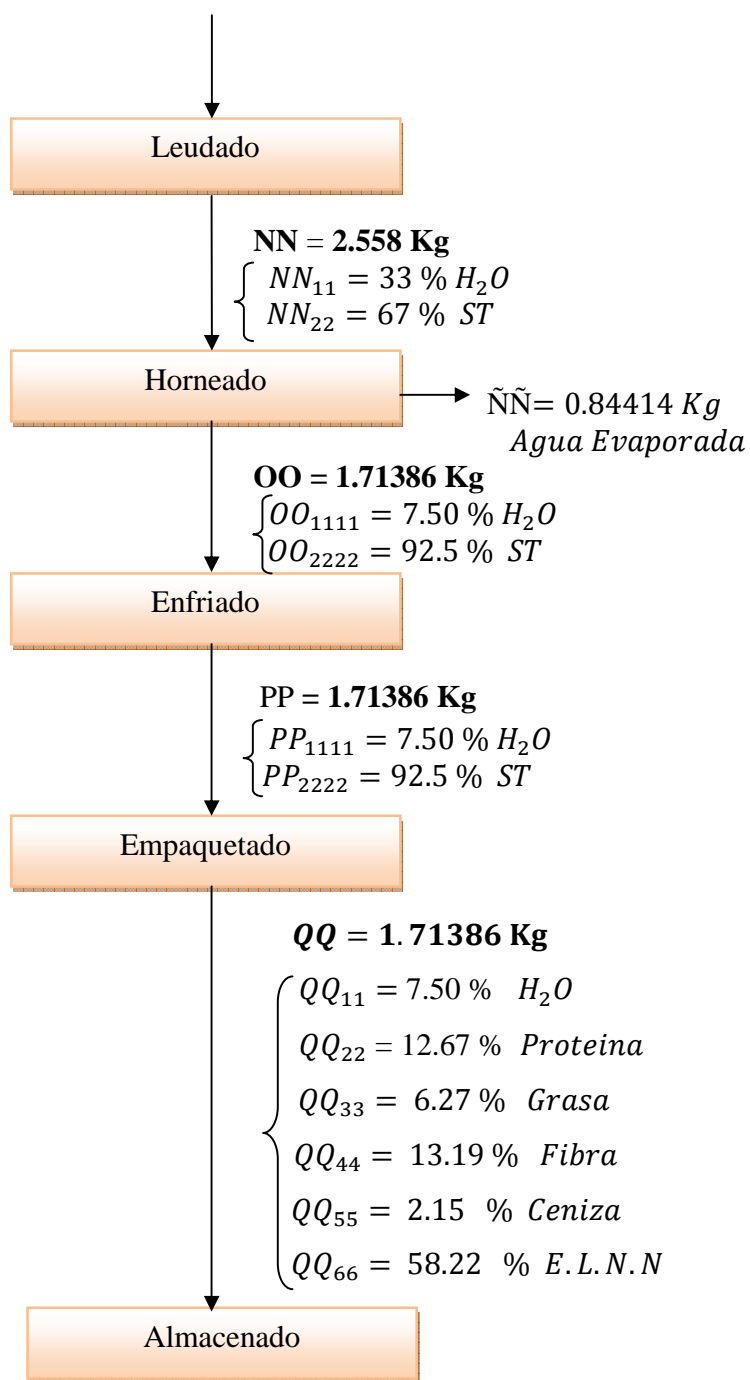


4.1.4 Diagrama de flujo cuantitativo para la elaboración de pan integral de Quinua, Avena y Garbanzo con la adición de Transglutaminasa e Hidroxipropilmetilcelulosa.

A NIVEL DE LABORATORIO

Base de cálculo: 2.558 Kg de mezcla

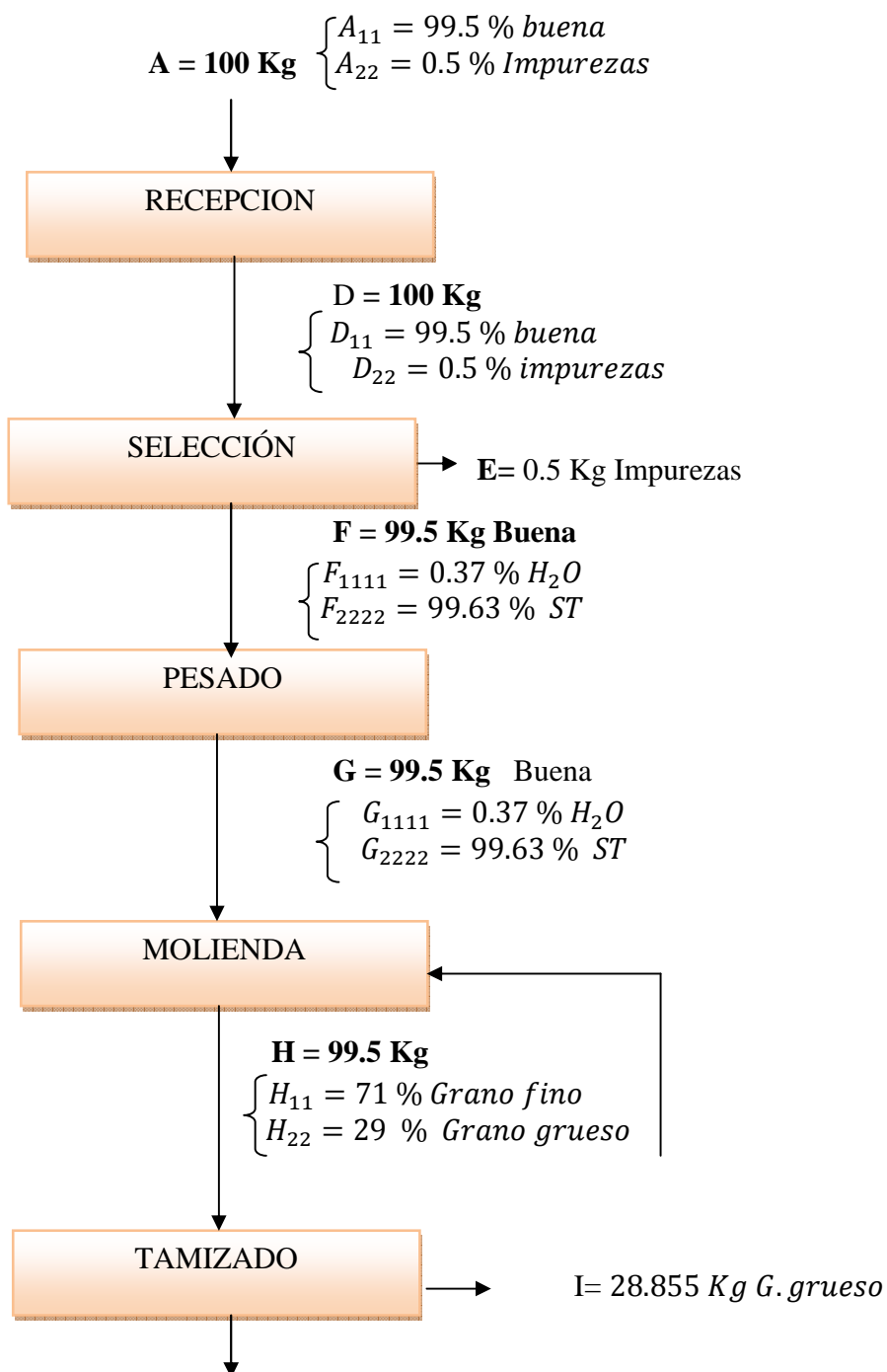


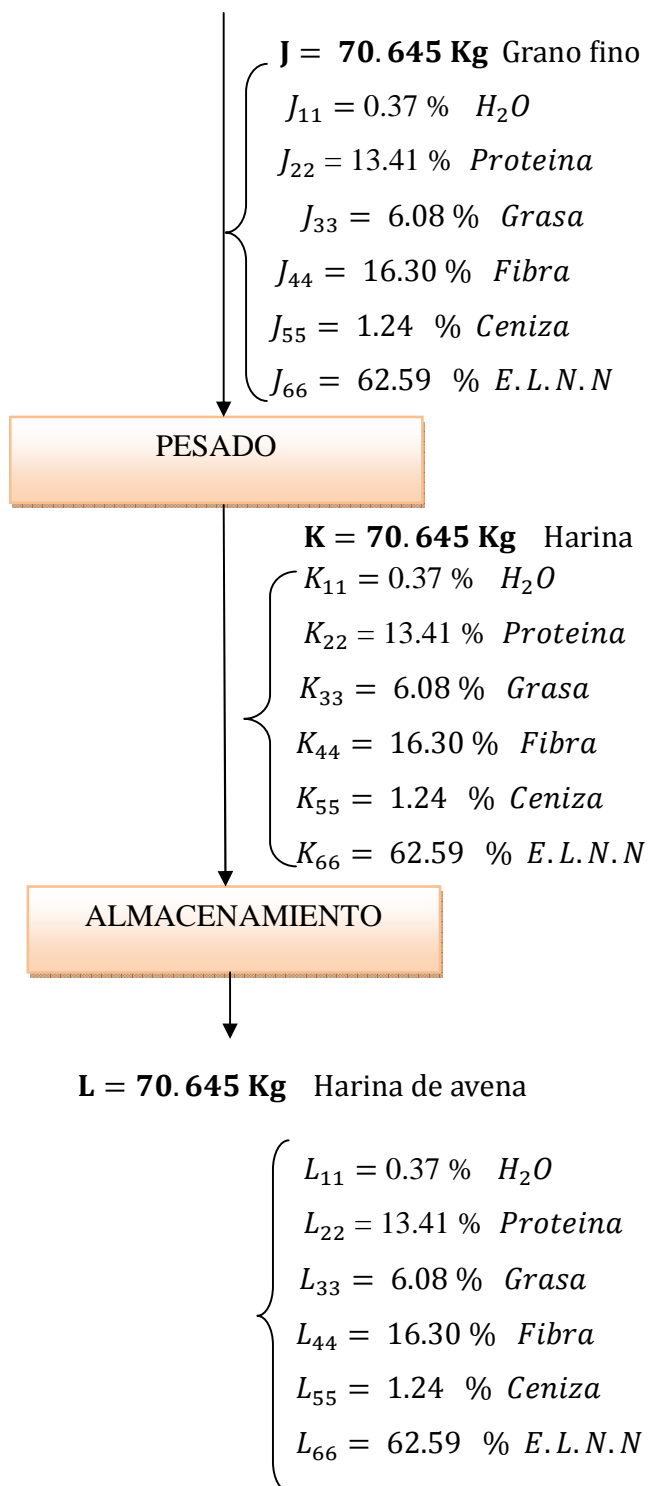


4.1.1.1 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de avena

A NIVEL PILOTO

Base de cálculo: 100 Kg



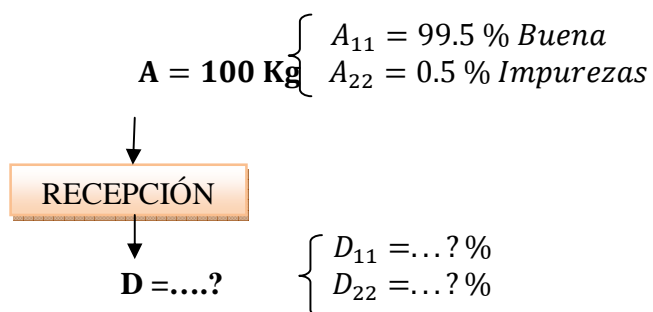


Balance de materia para la obtención de harina de avena

NIVEL PILOTO

Base de cálculo: 100 kg

Balance de materia para recepción



Balance general

$$A = D$$

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

Balance parcial para avena buena

$$A(A_1) = D(D_1)$$

$$100 (0.995) = 100(D_1)$$

$$D = 0.995$$

$$D_{11} = 99.5 \%$$

Balance parcial para impurezas

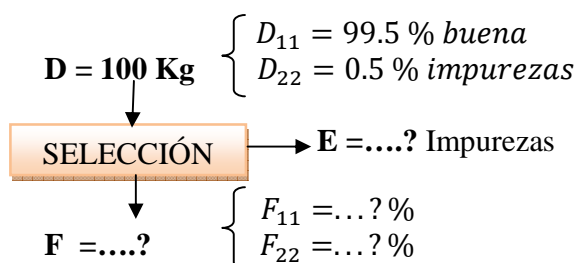
$$A(A_2) = D(D_2)$$

$$100(0.005) = 100(D_2)$$

$$D_2 = 0.005$$

$$D_{22} = 0.5\%$$

Balance de materia para la selección



$$E = D (D_2)$$

$$E = 100 (0.005)$$

$$E = 0.5 \text{ Kg}$$

Balance general

$$D = E + F$$

$$100 = 0.5 + F$$

$$F = 99.5 \text{ Kg}$$

Balance parcial para avena buena

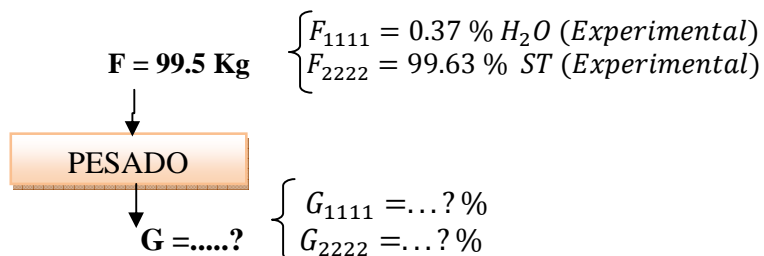
$$D(D_1) = F(F_1)$$

$$100 (99.5) = 99.5(F_1)$$

$$F_1 = 1$$

$$F_{11} = 100 \%$$

✚ Balance de materia para pesado



Balance general

$$F = G$$

$$G = 99.5 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$F(F_{111}) = G(G_{111})$$

$$99.5 (0.0037) = 99.5(G_{111})$$

$$G_{111} = 0.0037$$

$$G_{1111} = 0.37 \%$$

Balance parcial para sólidos totales

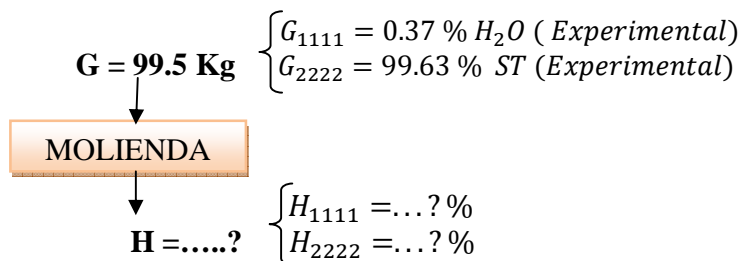
$$F(F_{222}) = G(G_{222})$$

$$99.5(0.9963) = 99.5(G_{222})$$

$$G_{222} = 0.9968$$

$$G_{2222} = 99.63 \%$$

✚ Balance de materia para molienda



Balance General

$$G = H$$

$$H = 99.5 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$G(G_{111}) = H(H_{111})$$

$$99.5 (0.0037) = 99.5(H_{111})$$

$$H_{111} = 0.0037$$

$$H_{1111} = 0.37 \%$$

Balance parcial para sólidos totales

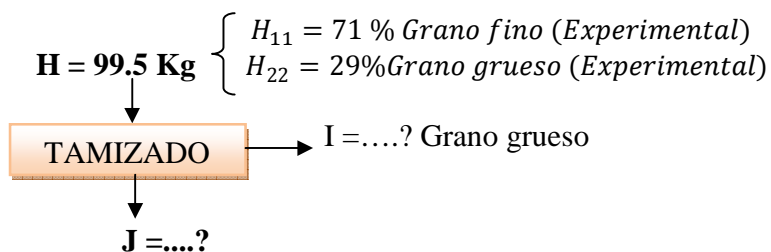
$$G(G_{222}) = H(H_{222})$$

$$99.5(0.9963) = 99.5(H_{222})$$

$$H_{222} = 0.9963$$

$$H_{2222} = 99.63 \%$$

✚ Balance de materia para el tamizado



$$I = H(H_2)$$

$$I = 99.5(0.29)$$

$$I = 28.855 \text{ Kg}$$

Balance General

$$H = I + J$$

$$99.5 = 28.855 + J$$

$$J = 70.645 \text{ Kg}$$

Balance parcial para grano fino

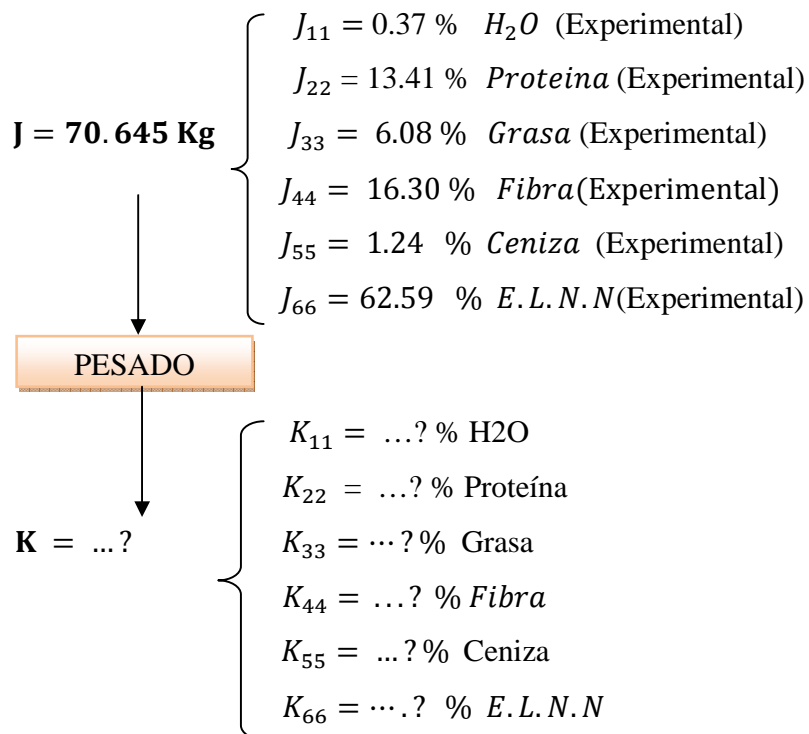
$$H(H_1) = J(J_1)$$

$$99.5(0.71) = 70.645(J_1)$$

$$J_1 = 1$$

$$J_{11} = 100 \%$$

🚩 Balance de materia para pesado



Balance General

$$J = K$$

$$K = 70.645 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$J(J_1) = K(K_1)$$

$$70.645(0.0037) = 70.645(K_1)$$

$$K_1 = 0.0037$$

$$K_{11} = 0.37 \%$$

Balance parcial para Proteína

$$J(J_2) = K(K_2)$$

$$70.645(0.1341) = 70.645(K_2)$$

$$K_2 = 0.1341$$

$$K_{22} = 13.41 \%$$

Balance parcial para Grasa

$$J(J_3) = K(K_3)$$

$$70.645(0.0608) = 70.645(K_3)$$

$$K_3 = 0.0608$$

$$K_3 = 6.08\%$$

Balance parcial para Fibra

$$J(J_4) = K(K_4)$$

$$70.645(0.1630) = 70.645(K_4)$$

$$K_4 = 0.1630$$

$$K_{44} = 16.30 \%$$

Balance parcial para Ceniza

$$J(J_5) = K(K_5)$$

$$70.645(0.0124) = 70.645(K_5)$$

$$K_5 = 0.0124$$

$$K_{55} = 1.24 \%$$

Balance parcial para E.L.N.N

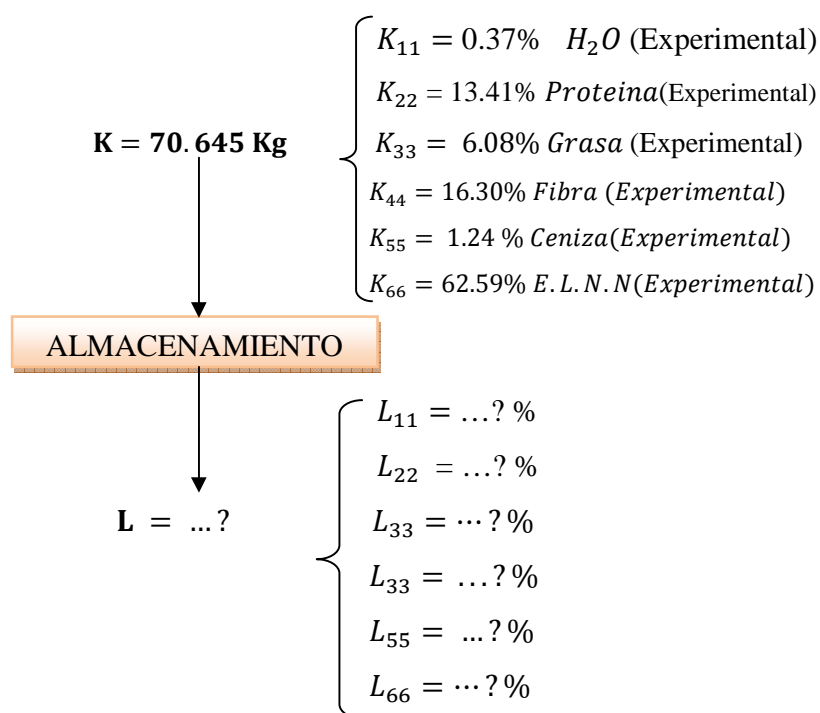
$$J(J_6) = K(K_6)$$

$$70.645(0.6259) = 70.645(K_6)$$

$$K_5 = 0.6259$$

$$K_{55} = 62.59 \%$$

✚ Balance de materia para almacenamiento



Balance General

$$K = L$$

$$L = 70.645 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

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

$$70.645(0.0037) = 70.645(L_1)$$

$$L_1 = 0.0037$$

$$L_{11} = 0.37 \%$$

Balance parcial para Proteína

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

$$70.645(0.1341) = 70.645(L_2)$$

$$L_2 = 0.1341$$

$$L_{22} = 13.41 \%$$

Balance parcial para Grasa

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

$$70.645(0.0608) = 70.645(L_3)$$

$$L_3 = 0.0608$$

$$L_3 = 6.08\%$$

Balance parcial para Fibra

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

$$70.645(0.1630) = 70.645(L_4)$$

$$L = 0.1630$$

$$L_{44} = 16.30 \%$$

Balance parcial para Ceniza

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

$$70.645(0.0124) = 70.645(L_5)$$

$$L_5 = 0.0124$$

$$L_{55} = 1.24 \%$$

Balance parcial para E.L.N.N

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

$$70.645(0.6259) = 70.645(L_6)$$

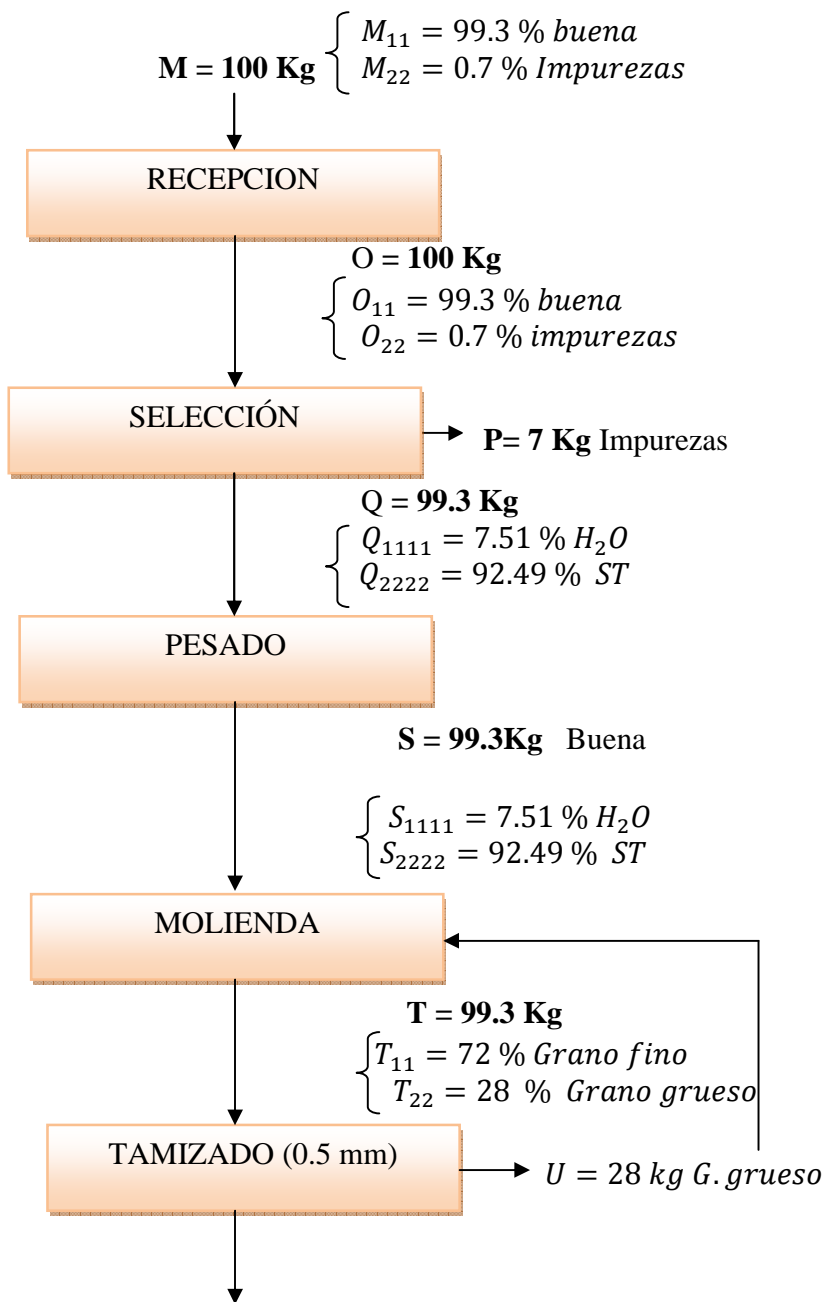
$$L_5 = 0.6259$$

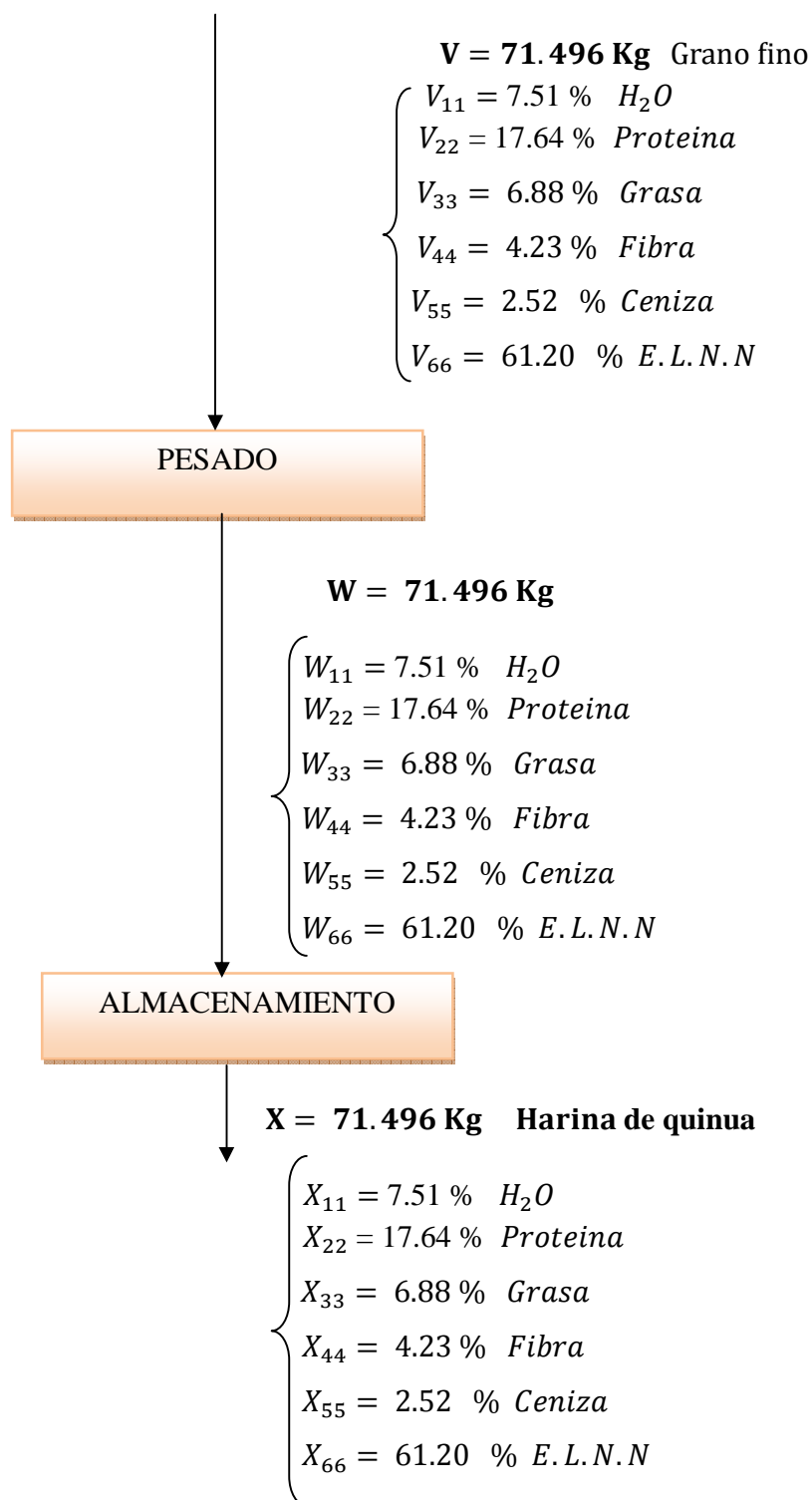
$$L_{55} = 62.59 \%$$

4.1.2.1 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de Quinua

A NIVEL DE PILOTO

Base de cálculo: 100 Kg



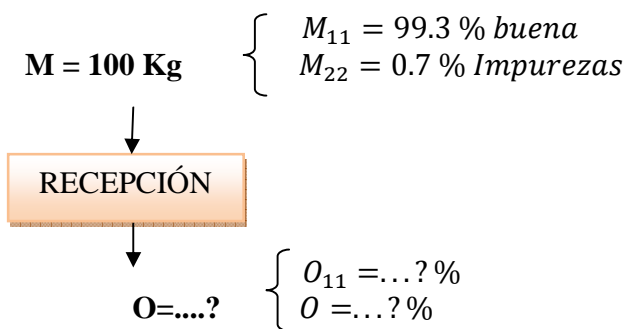


Balance de materia para la obtención de harina de quinua

PLANTA PILOTO

Base de cálculo: 100 kg

Balance de materia para recepción



Balance general

$$M = O$$

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

Balance parcial para quinua buena

$$M(M_1) = O(O_1)$$

$$100(0.993) = 100(O_1)$$

$$O = 0.993$$

$$O_{11} = 99.3\%$$

Balance parcial para impurezas

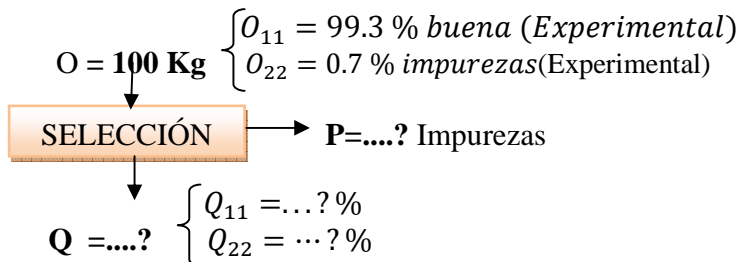
$$M(M_2) = O(O_2)$$

$$100(0.007) = 100(O_2)$$

$$O_2 = 0.007$$

$$O_{22} = 0.7\%$$

Balance de materia para la selección



$$P = O(O_2)$$

$$P = 100(0.007)$$

$$P = 0.7 \text{ Kg}$$

Balance general

$$O = P + Q$$

$$100 = 0.7 + Q$$

$$Q = 99.3 \text{ Kg}$$

Balance parcial para quinua buena

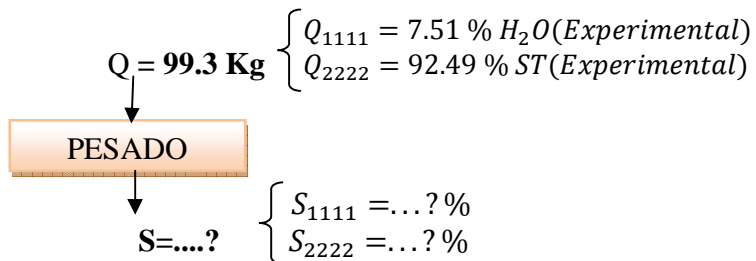
$$O(O_1) = Q(Q_1)$$

$$100(0.993) = 99.3(Q_1)$$

$$Q_1 = 1$$

$$Q_{11} = 100 \%$$

Balance de materia para pesado



Balance general

$$Q = S$$

$$S = 99.3 \text{ kg}$$

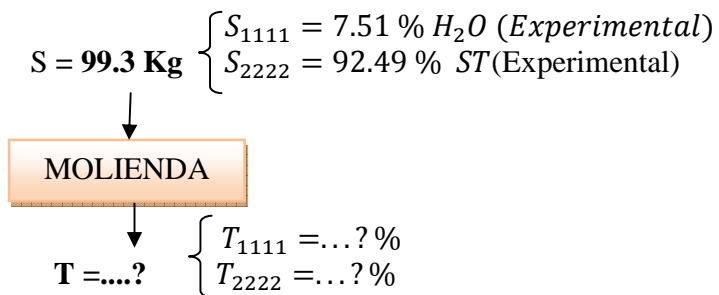
Balance parcial para H_2O

$$\begin{aligned} Q(Q_{111}) &= S(S_{111}) \\ 99.3(0.0751) &= 99.3(S_{111}) \\ S_{111} &= 0.0751 \\ S_{1111} &= 7.51\% \end{aligned}$$

Balance parcial para sólidos totales

$$\begin{aligned} Q(Q_{222}) &= S(S_{222}) \\ 99.3(0.9249) &= 99.3(S_{222}) \\ S_{222} &= 0.9249 \\ S_{2222} &= 92.49\% \end{aligned}$$

Balance de materia para molienda



Balance General

$$\begin{aligned} S &= T \\ T &= 99.3 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Balance parcial para H_2O

$$\begin{aligned} S(S_{111}) &= T(T_{111}) \\ 99.3(0.0751) &= 99.3(T_{111}) \\ T_{111} &= 0.0751 \\ T_{1111} &= 7.51\% \end{aligned}$$

Balance parcial para sólidos totales

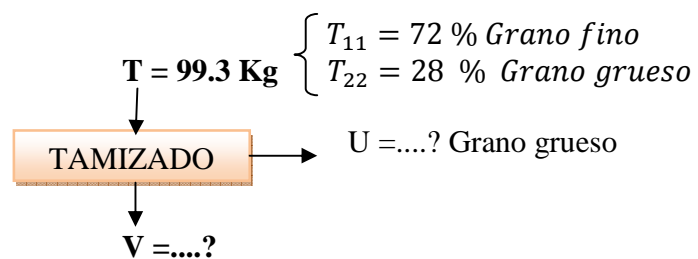
$$S(S_{222}) = T(T_{222})$$

$$99.3(0.9249) = 99.3(T_{222})$$

$$T_{222} = 0.9249$$

$$T_{2222} = 92.49 \%$$

 **Balance de materia para el tamizado**



$$U = T (T_2)$$

$$U = 99.3 (0.28)$$

$$U = 27.804 \text{ kg}$$

Balance General

$$T = U + V$$

$$99.3 = 27.804 + V$$

$$V = 71.496 \text{ Kg}$$

Balance parcial para grano fino

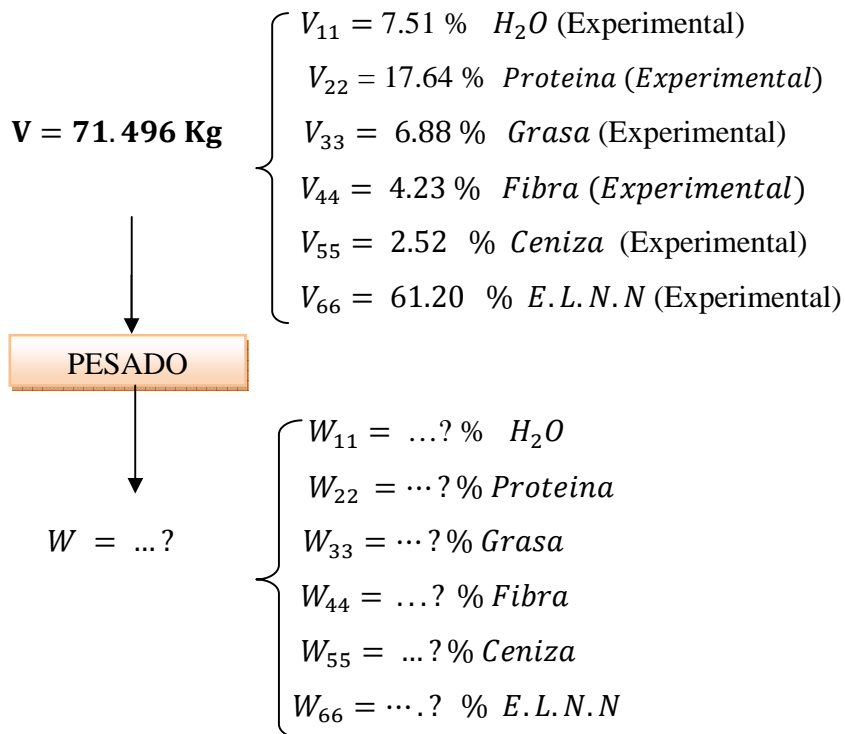
$$T(T_1) = V(V_1)$$

$$99.3 (0.72) = 71.496(V_1)$$

$$V_1 = 1$$

$$V_{11} = 100 \%$$

Balance de materia para pesado



Balance General

$$V = W$$

$$W = 71.496 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$V(V_1) = W(W_1)$$

$$71.496(0.0751) = 71.496(W_1)$$

$$W_1 = 0.0751$$

$$W_{11} = 7.51 \%$$

Balance parcial para Proteína

$$V(V_2) = W(W_2)$$

$$71.496(0.1764) = 71.496(W_2)$$

$$W_2 = 0.1764$$

$$W_{22} = 17.64 \%$$

Balance parcial para Grasa

$$V(V_3) = W(W_3)$$

$$71.496 (0.0688) = 71.496 W_3)$$

$$W_3 = 0.0688$$

$$W_{33} = 6.88 \%$$

Balance parcial para Fibra

$$V(V_4) = W(W_4)$$

$$71.496 (0.0423) = 71.496 (W_4)$$

$$W_4 = 0.0423$$

$$W_{44} = 4.23 \%$$

Balance parcial para Ceniza

$$V(V_5) = W(W_5)$$

$$71.496 (0.0252) = 71.496 (W_5)$$

$$W_5 = 0.0252$$

$$W_{55} = 2.52 \%$$

Balance parcial para E.L.N.N

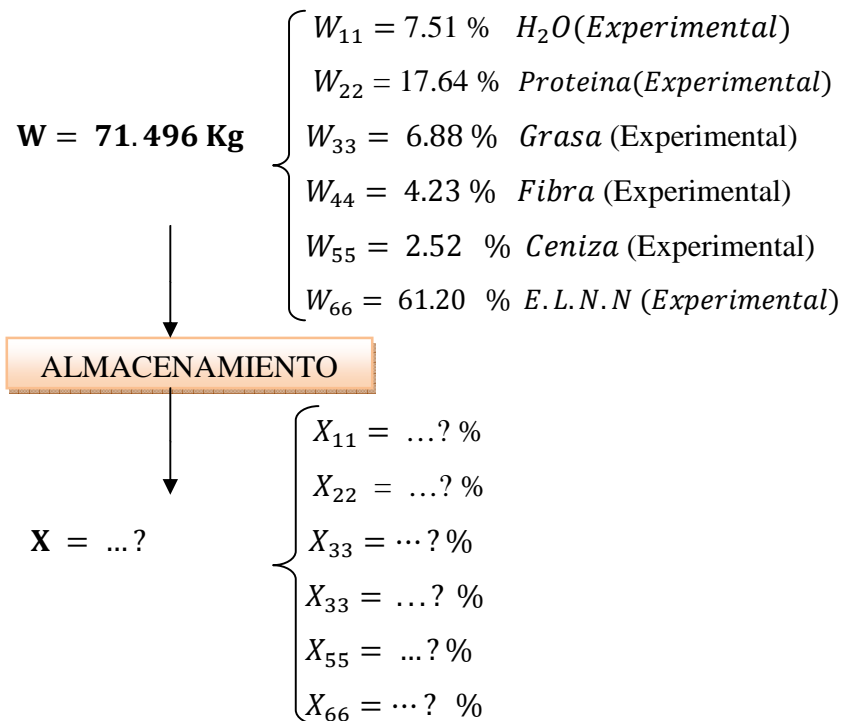
$$V(V_6) = W(W_6)$$

$$71.496 (0.6120) = 71.496 (W_6)$$

$$W_6 = 0.6120$$

$$W_{66} = 61.20 \%$$

 **Balance de materia para almacenamiento**



Balance General

$$W = X$$

$$X = 71.496 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$W(W_1) = X(X_1)$$

$$71.496(0.0751) = 71.496(X_1)$$

$$X_1 = 0.0751$$

$$X_{11} = 7.51 \%$$

Balance parcial para Proteína

$$W(W_2) = X(X_2)$$

$$71.496 (0.1764) = 71.496 (X_2)$$

$$X_2 = 0.1764$$

$$X_{22} = 17.64 \%$$

Balance parcial para Grasa

$$W(W_3) = X(X_3)$$

$$71.496 (0.0688) = 71.496 (X_3)$$

$$X_3 = 0.0688$$

$$X_{33} = 6.88 \%$$

Balance parcial para Fibra

$$W(W_4) = X(X_4)$$

$$71.496 (0.0423) = 71.496 (X_4)$$

$$X_4 = 0.0423$$

$$X_{44} = 4.23 \%$$

Balance parcial para Ceniza

$$W(W_5) = X(X_5)$$

$$71.496 (0.0252) = 71.496 (X_5)$$

$$X_5 = 0.0252$$

$$X_{55} = 2.52 \%$$

Balance parcial para E.L.N.N

$$W(W_6) = X(X_6)$$

$$71.496 (0.6120) = 71.496 (X_6)$$

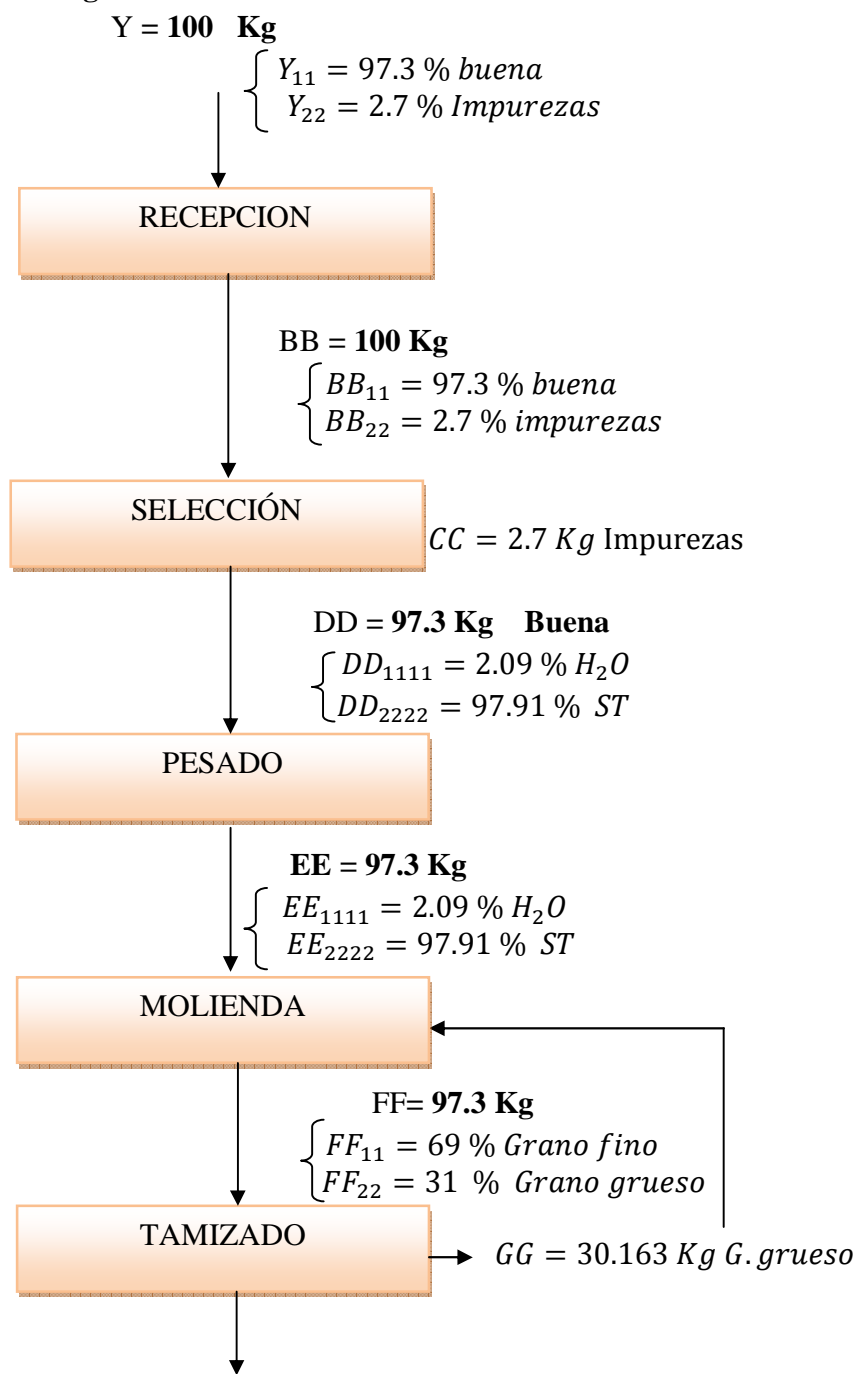
$$X_6 = 0.6120$$

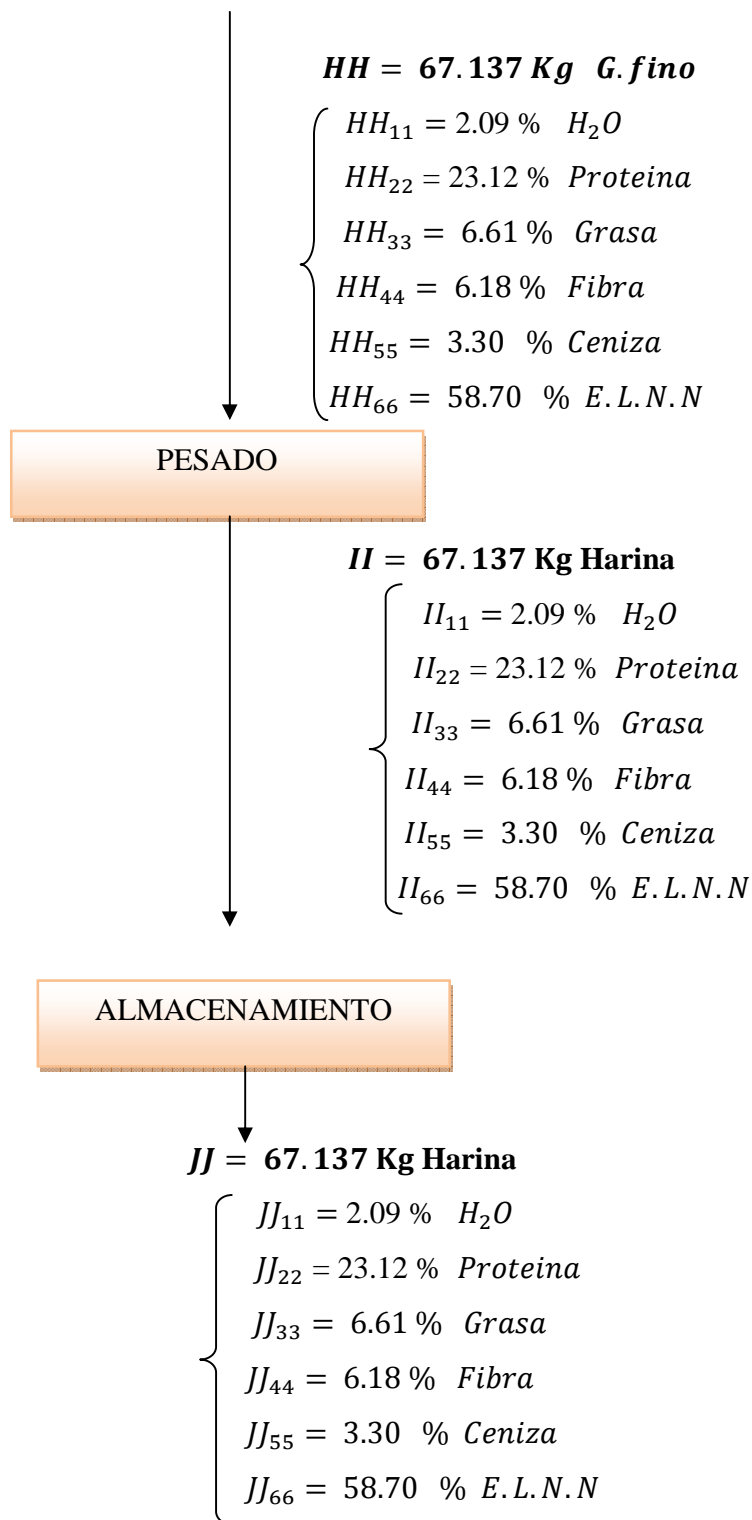
$$X_{66} = 61.20 \%$$

4.1.3.1 Diagrama cuantitativo para la obtención de harina de Garbanzo

A NIVEL PILOTO

Base de cálculo: 100 Kg





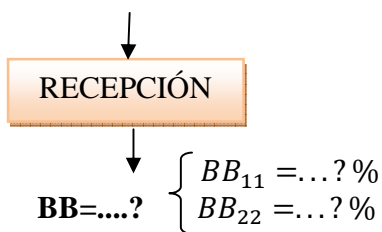
Balance de materia para la obtención de harina de garbanzo

PLANTA PILOTO

Base de cálculo: 100 kg

Balance de materia para recepción

$$Y = 100 \text{ Kg} \quad \begin{cases} Y_{11} = 97.3 \% \text{ buena (Experimental)} \\ Y_{22} = 2.7 \% \text{ Impurezas (Experimental)} \end{cases}$$



Balance general

$$Y = BB$$

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

Balance parcial para Garbanzo bueno

$$Y(Y_1) = BB(BB_1)$$

$$100 (0.973) = 100(BB_1)$$

$$BB_1 = 0.973$$

$$BB_{11} = 97.3\%$$

Balance parcial para impurezas

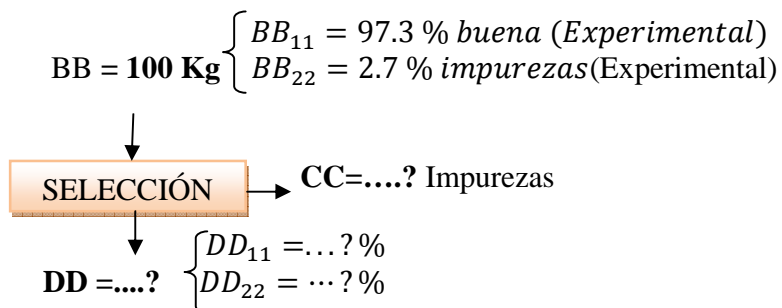
$$Y(Y_2) = BB(BB_2)$$

$$100 (0.027) = 100(BB_2)$$

$$BB_2 = 0.027$$

$$BB_{22} = 2.7\%$$

✚ Balance de materia para la selección



$$CC = BB (BB_2)$$

$$CC = 100 (0.027)$$

$$CC = 2.7 \text{ Kg}$$

Balance general

$$BB = CC + DD$$

$$100 = 2.7 + DD$$

$$DD = 97.3 \text{ Kg}$$

Balance parcial para garbanzo bueno

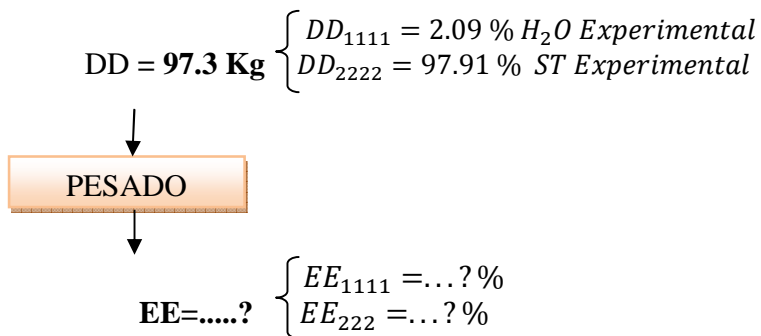
$$BB(BB_1) = DD(DD_1)$$

$$100 (0.973) = 97.3(DD_1)$$

$$DD_1 = 1$$

$$DD_{11} = 100 \%$$

✚ Balance de materia para pesado



Balance general

$$DD = EE$$

$$EE = 97.3 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$DD(DD_{111}) = EE(EE_{111})$$

$$97.3 (0.0209) = 97.3(EE_{111})$$

$$EE_{111} = 0.0209$$

$$EE_{1111} = 2.09 \%$$

Balance parcial para sólidos totales

$$DD(DD_{222}) = EE(EE_{222})$$

$$97.3(0.9791) = 97.3(EE_{222})$$

$$EE_{222} = 0.9791$$

$$EE_{2222} = 97.91 \%$$

✚ Balance de materia para molienda

$$EE = 97.3 \text{ Kg} \begin{cases} EE_{1111} = 2.09 \% H_2O \text{ Experimental} \\ EE_{2222} = 97.91 \% ST \text{ Experimental} \end{cases}$$



MOLIENDA



$$FF = \dots? \begin{cases} FF_{1111} = \dots? \% \\ FF_{2222} = \dots? \% \end{cases}$$

Balance General

$$EE = FF$$

$$FF = 97.3 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$EE(EE_{111}) = FF(FF_{111})$$

$$97.3 (0.0209) = 97.3(FF_{111})$$

$$FF_{111} = 0.0209$$

$$FF_{1111} = 2.09 \%$$

Balance parcial para sólidos totales

$$EE(E_{222}) = FF(F_{222})$$

$$97.3(0.9791) = 97.3(F_{222})$$

$$F_{222} = 0.9791$$

$$FF_{2222} = 97.91 \%$$

✚ Balance de materia para el tamizado

$$FF = 97.3 \text{ Kg} \begin{cases} FF_{11} = 69 \% \text{ Grano fino (Experimental)} \\ FF_{22} = 31 \% \text{ Grano grueso (Experimental)} \end{cases}$$

TAMIZADO

GG =? Grano grueso

HH =?

$$GG = FF (F_{22})$$

$$GG = 97.3 (0.31)$$

$$GG = 30.163 \text{ Kg}$$

Balance General

$$FF = GG + HH$$

$$97.3 = 30.163 + HH$$

$$HH = 67.137 \text{ Kg}$$

Balance parcial para grano fino

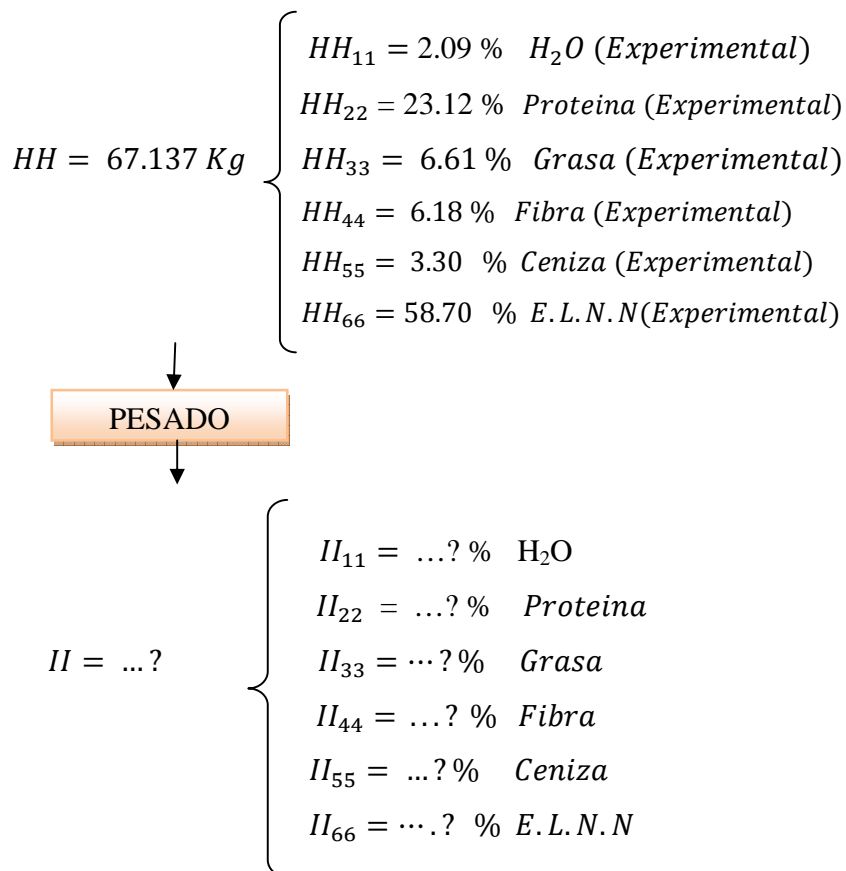
$$FF(F_{11}) = HH(HH_1)$$

$$97.3 (0.69) = 67.137(HH_1)$$

$$HH_1 = 1$$

$$HH_{11} = 100 \%$$

 **Balance de materia para pesado**



Balance General

$$HH = II$$

$$II = 67.137 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$HH(HH_1) = II(II_1)$$

$$67.137(0.0209) = 67.137(II_1)$$

$$II_1 = 0.0209$$

$$II_{11} = 2.09 \%$$

Balance parcial para Proteína

$$HH(HH_2) = II(II_2)$$

$$67.137(0.2312) = 67.137(II_2)$$

$$II_2 = 0.2312$$

$$II_{22} = 23.12 \%$$

Balance parcial para Grasa

$$HH(HH_3) = II(II_3)$$

$$67.137 (0.0661) = 67.137 (II_3)$$

$$II_3 = 0.0661$$

$$II_{33} = 6.61 \%$$

Balance parcial para Fibra

$$HH(HH_4) = II(II_4)$$

$$67.137 (0.0618) = 67.137 (II_4)$$

$$II_4 = 0.0618$$

$$II_{44} = 6.18 \%$$

Balance parcial para Ceniza

$$HH(HH_5) = II(II_5)$$

$$67.137 (0.0330) = 67.137 (II_5)$$

$$II_5 = 0.0330$$

$$II_{55} = 3.30 \%$$

Balance parcial para E.L.N.N

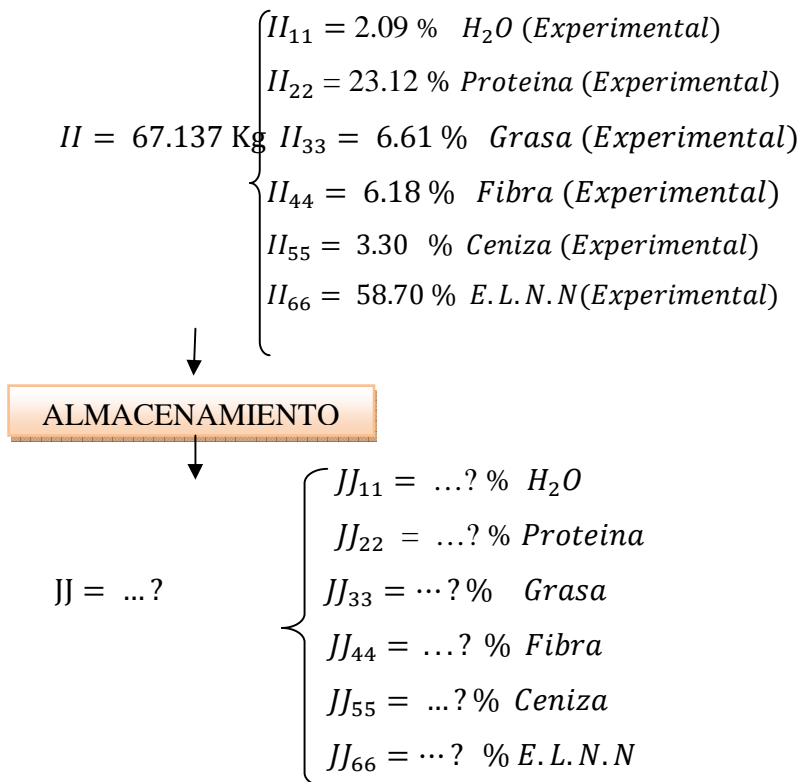
$$HH(HH_6) = II(II_6)$$

$$67.137 (0.5870) = 67.137 (II_6)$$

$$II_6 = 0.5870$$

$$II_{66} = 58.70 \%$$

Balance de materia para almacenamiento



Balance General

$$II = JJ$$

$$JJ = 67.137 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$II(II_1) = JJ(JJ_1)$$

$$67.137(0.0209) = 67.137(JJ_1)$$

$$JJ_1 = 0.0209$$

$$JJ_{11} = 2.09 \%$$

Balance parcial para Proteína

$$II(II_2) = JJ(JJ_2)$$

$$67.137(0.2312) = 67.137(JJ_2)$$

$$JJ_2 = 0.2312$$

$$JJ_{22} = 23.12 \%$$

Balance parcial para Grasa

$$\Pi(I_3) = JJ(JJ_3)$$

$$67.137 (0.0661) = 67.137 (JJ_3)$$

$$JJ_3 = 0.0661$$

$$JJ_{33} = 6.61 \%$$

Balance parcial para Fibra

$$\Pi(I_4) = JJ(JJ_4)$$

$$67.137 (0.0618) = 67.137 (JJ_4)$$

$$JJ_4 = 0.0618$$

$$JJ_{44} = 6.18 \%$$

Balance parcial para Ceniza

$$\Pi(I_5) = JJ(JJ_5)$$

$$67.137 (0.0330) = 67.137 (JJ_5)$$

$$JJ_5 = 0.0330$$

$$JJ_{55} = 3.30 \%$$

Balance parcial para E.L.N.N

$$\Pi(I_6) = JJ(JJ_6)$$

$$67.137 (0.5870) = 67.137 (JJ_6)$$

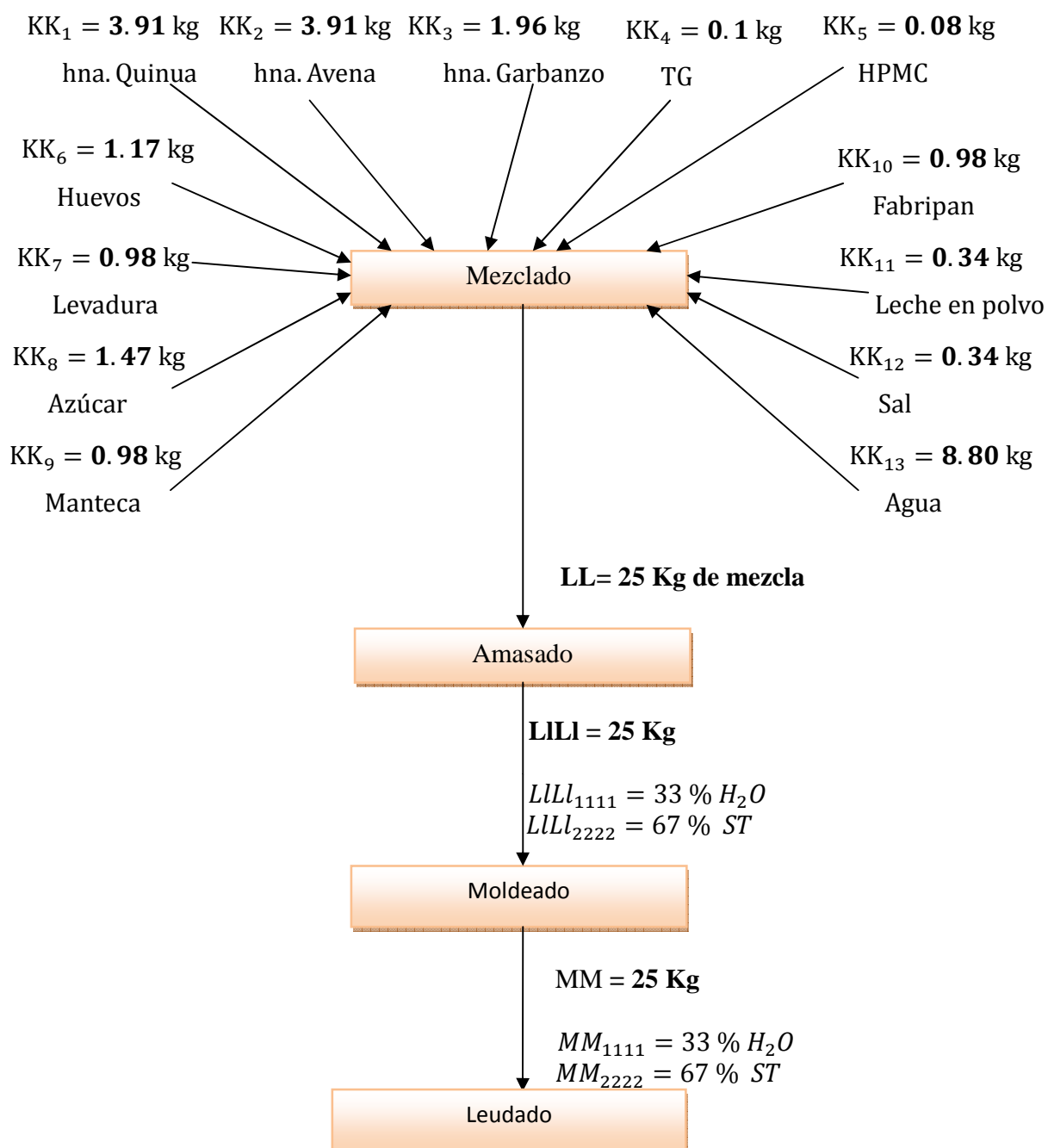
$$JJ_6 = 0.5870$$

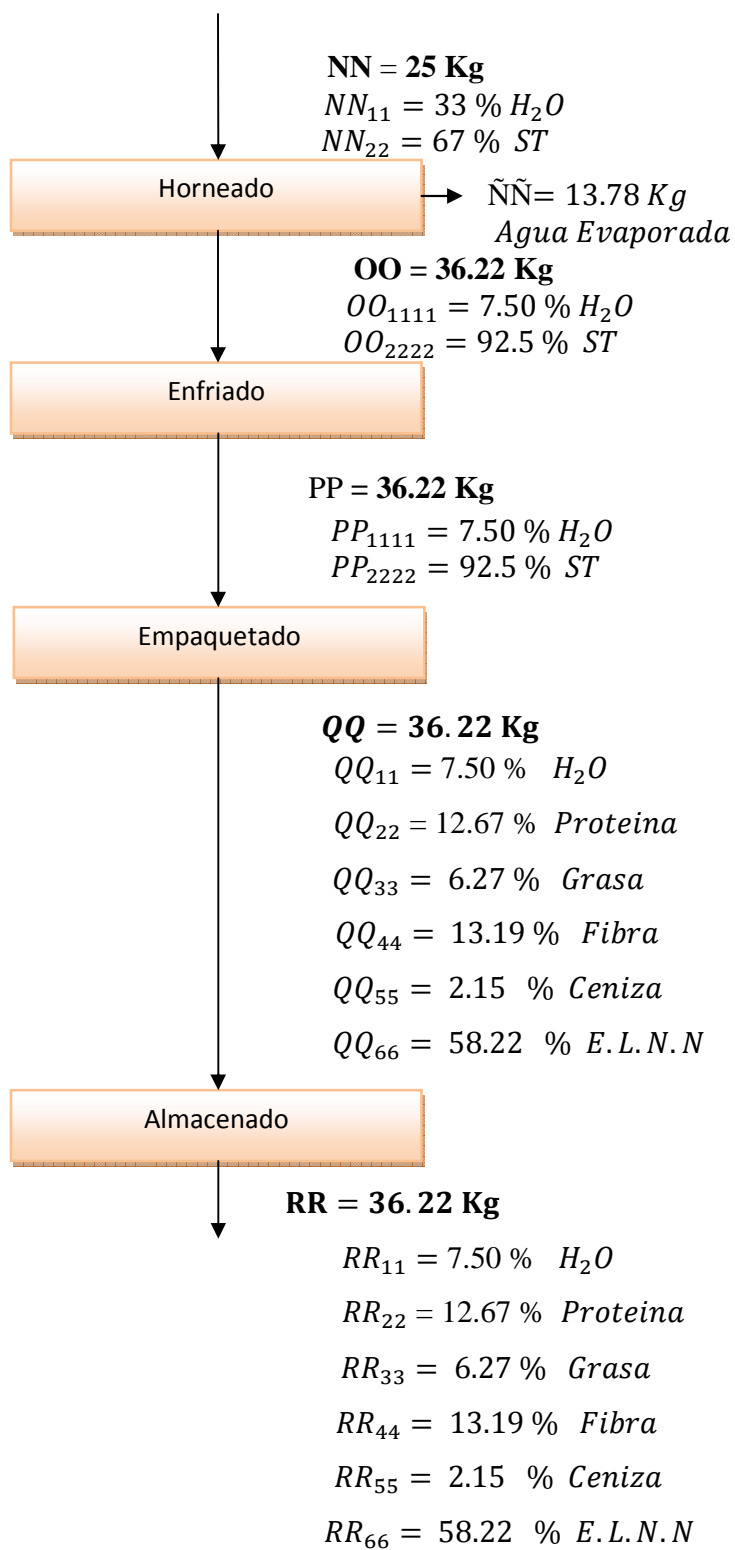
$$JJ_{66} = 58.70 \%$$

4.1.4.1. Diagrama de flujo cuantitativo para la elaboración de pan integral de Quinoa, Avena y Garbanzo con la adición de Transglutaminasa e Hidroxipropilmetilcelulosa.

A NIVEL PILOTO

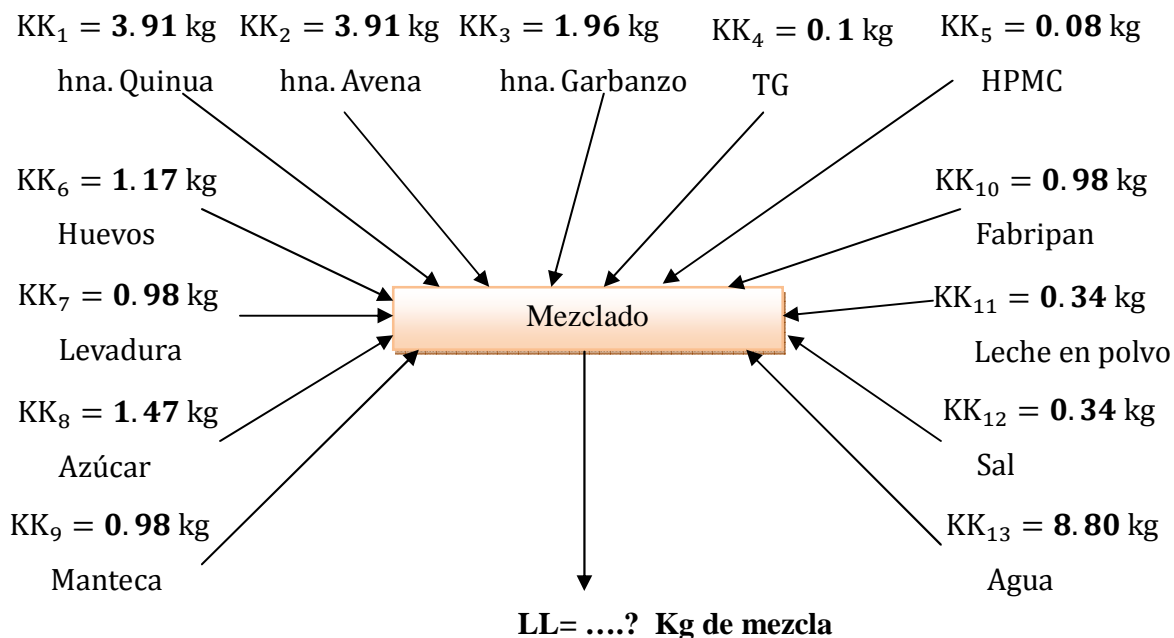
Base de cálculo: 25 Kg de mezcla





Balance de materia para Mezclado

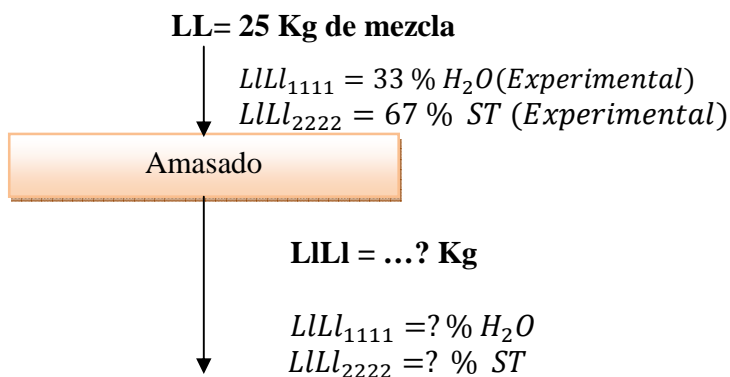
Base de cálculo: 25 Kg de mezcla



Balance General

$$\begin{aligned}
 & KK_1 + KK_2 + KK_3 + KK_4 + KK_5 + KK_6 + KK_7 + KK_8 + KK_9 + KK_{10} + KK_{11} + KK_{12} + KK_{13} = LL \\
 & (3.91 + 3.91 + 1.96 + 0.1 + 0.08 + 1.17 + 0.98 + 1.47 + 0.98 + 0.98 + 0.34 + 0.34 + 8.80) = LL \\
 & LL = 25 \text{ Kg De mezcla}
 \end{aligned}$$

Balance de materia para Amasado



Balance General

$$LL = LLL$$

$$LLL = 25 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$LL(LL_{111}) = LLL(LLL_{111})$$

$$25(0.3300) = 25(LLL_{111})$$

$$LLL_{111} = 0.3300$$

$$LLL_{111} = 33 \%$$

Balance parcial para sólidos totales

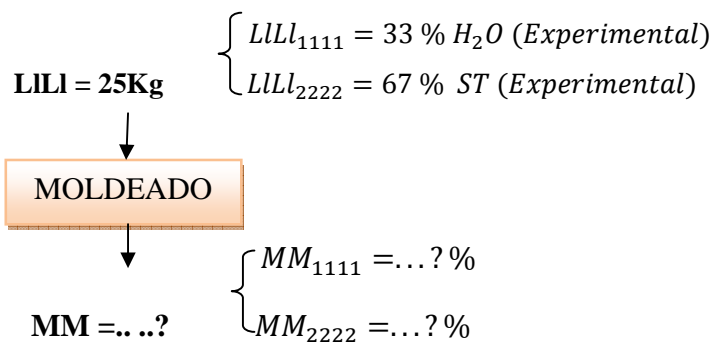
$$LL(LL_{222}) = LLL(LLL_{222})$$

$$25(0.6700) = 25(LLL_{222})$$

$$LLL_{222} = 0.6700$$

$$LLL_{222} = 67 \%$$

✚ Balance de materia para Moldeado



Balance General

$$LLL = MM$$

$$MM = 25 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$LLL(LLL_{111}) = MM(MM_{111})$$

$$25 (0.3300) = 25(MM_{111})$$

$$MM_{111} = 0.3300$$

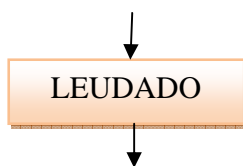
$$MM_{111} = 33 \%$$

Balance parcial para sólidos totales

$$\begin{aligned}
 LLL(LLl_{222}) &= MM(MM_{222}) \\
 25(0.6700) &= 25(MM_{222}) \\
 MM_{222} &= 0.6700 \\
 MM_{2222} &= 67 \%
 \end{aligned}$$

Balance de materia para Leudado

$$MM = 25 \text{ Kg} \quad \left\{ \begin{array}{l} MM_{1111} = 33 \% H_2O(\text{Experimental}) \\ MM_{2222} = 67 \% ST(\text{Experimental}) \end{array} \right.$$



$$NN = .. \dots ? \quad \left\{ \begin{array}{l} NN_{1111} = \dots ? \% \\ NN_{2222} = \dots ? \% \end{array} \right.$$

Balance General

$$\begin{aligned}
 MM &= NN \\
 NN &= 25 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

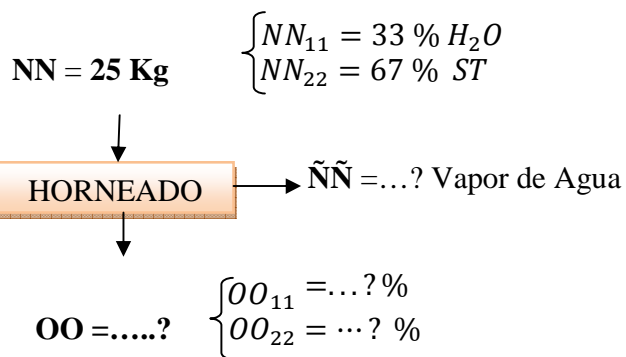
Balance parcial para H_2O

$$\begin{aligned}
 MM(MM_{111}) &= NN(NN_{111}) \\
 25(0.3300) &= 25(NN_{111}) \\
 NN_{111} &= 0.3300 \\
 NN_{1111} &= 33 \%
 \end{aligned}$$

Balance parcial para sólidos totales

$$\begin{aligned}
 MM(MM_{222}) &= NN(NN_{222}) \\
 25(0.6700) &= 25(NN_{222}) \\
 NN_{222} &= 0.6700 \\
 NN_{2222} &= 67 \%
 \end{aligned}$$

 **Balance de materia para el horneado**



$$\tilde{N}\tilde{N} = NN (NN_1)$$

$$\tilde{N}\tilde{N} = 25 (0.33)$$

$$\tilde{N}\tilde{N} = 8.25 \text{ Kg}$$

Balance General

$$NN = \tilde{N}\tilde{N} + OO$$

$$25 = 8.25 + OO$$

$$OO = 16.75 \text{ Kg}$$

Balance parcial para Sólidos totales

$$NN(NN_2) = OO(OO_2)$$

$$25 (0.67) = 16.75(OO_2)$$

$$OO_2 = 1$$

$$OO_{22} = 100 \%$$

 **Balance de materia para el enfriado**

$OO = 16.75 \text{ Kg}$

$$\begin{cases} OO_{1111} = 7.50 \% H_2O(\text{Experimental}) \\ OO_{2222} = 92.5 \% ST(\text{Experimental}) \end{cases}$$



$PP = \dots? \begin{cases} PP_{1111} = \dots? \% \\ PP_{2222} = \dots? \% \end{cases}$

Balance General

$$OO = PP$$

$$PP = 16.75 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$OO(OO_{111}) = PP(PP_{111})$$

$$16.75 (0.0750) = 16.75(PP_{111})$$

$$PP_{111} = 0.0750$$

$$PP_{1111} = 7.50 \%$$

Balance parcial para sólidos totales

$$OO(OO_{222}) = PP(PP_{222})$$

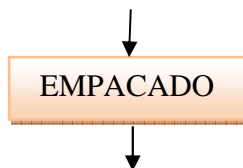
$$16.75(0.9250) = 16.75(PP_{222})$$

$$PP_{222} = 0.9250$$

$$PP_{2222} = 92.50 \%$$

✚ Balance de materia para el empaclado

$$PP = 16.75\text{Kg} \quad \left\{ \begin{array}{l} PP_{1111} = 7.50 \% H_2O(\text{Experimental}) \\ PP_{2222} = 92.5 \% ST(\text{Experimental}) \end{array} \right.$$



$$QQ = \dots? \quad \left\{ \begin{array}{l} QQ_{1111} = \dots? \% \\ QQ_{2222} = \dots? \% \end{array} \right.$$

Balance General

$$PP = QQ$$

$$QQ = 16.75 \text{ Kg}$$

Balance parcial para H_2O

$$PP(PP_{111}) = QQ(QQ_{111})$$

$$16.75(0.0750) = 16.75(QQ_{111})$$

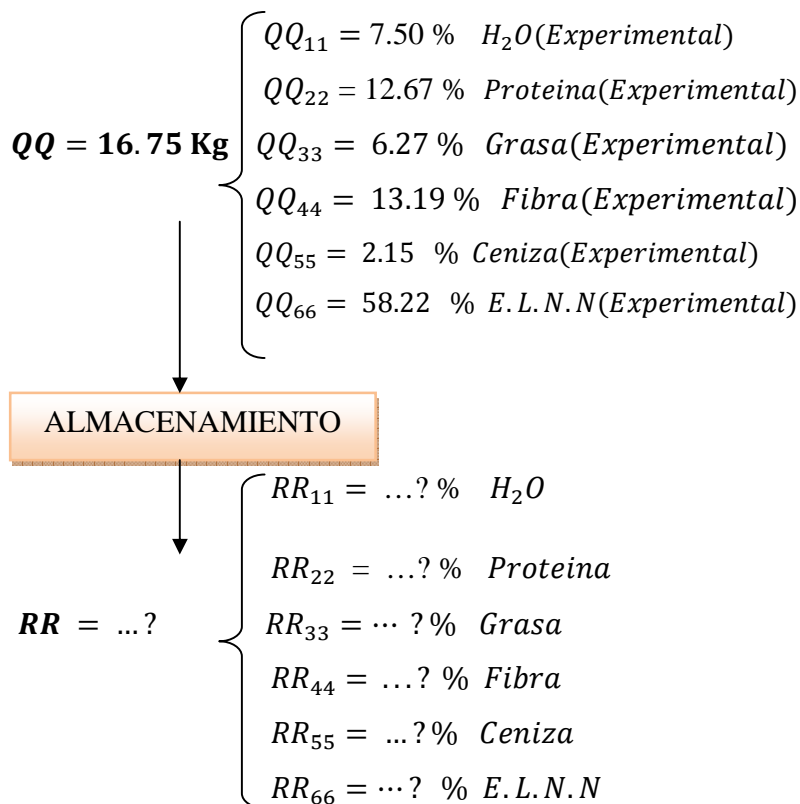
$$QQ_{111} = 0.0750$$

$$QQ_{1111} = 7.50 \%$$

Balance parcial para sólidos totales

$$\begin{aligned}
 PP(PP_{222}) &= QQ(QQ_{222}) \\
 16.75(0.9250) &= 16.75(QQ_{222}) \\
 QQ_{222} &= 0.9250 \\
 QQ_{2222} &= 92.50 \%
 \end{aligned}$$

 **Balance de materia para el almacenado**



Balance General

$$QQ = RR$$

$$RR = 16.75 \text{ Kg de pan}$$

Balance parcial para H_2O

$$QQ(QQ_1) = RR(RR_1)$$

$$16.75 (0.0750) = 16.75(RR_1)$$

$$RR_1 = 0.0750$$

$$RR_{11} = 7.50 \%$$

Balance parcial para Proteína

$$QQ(QQ_2) = RR(RR_2)$$

$$16.75 (0.1267) = 16.75 (RR_2)$$

$$RR_2 = 0.1267$$

$$RR_{22} = 12.67 \%$$

Balance parcial para Grasa

$$QQ(QQ_3) = RR(RR_3)$$

$$16.75 (0.0627) = 16.75 (RR_3)$$

$$RR_3 = 0.0627$$

$$RR_{33} = 6.27 \%$$

Balance parcial para Fibra

$$QQ(QQ_4) = RR(RR_4)$$

$$16.75 (0.1319) = 16.75 (RR_4)$$

$$RR_4 = 0.1319$$

$$RR_{44} = 13.19 \%$$

Balance parcial para Ceniza

$$QQ(QQ_5) = RR(RR_5)$$

$$16.75(0.0215) = 16.75(RR_5)$$

$$RR_5 = 0.0215$$

$$RR_{55} = 2.15 \%$$

Balance parcial para E.L.N.N

$$QQ(QQ_6) = RR(RR_6)$$

$$16.75(0.5822) = 16.75(RR_6)$$

$$RR_6 = 0.5822$$

$$RR_{66} = 58.22$$

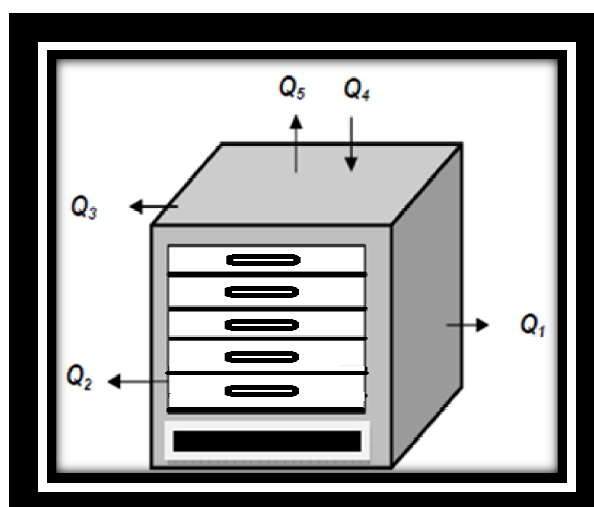
4.2 Balance de energía del proceso para la obtención de pan integral de Quinoa, Avena y Garbanzo con la adición de transglutaminasa e hidroxipropilmetilcelulosa.

A nivel de Laboratorio.

4.2.1. Balance de energía del horneado

Gráfico N° 06

Balance de energía del horno



Fuente: Morales, Ximena/UTE /2010

- 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 practico del producto

- Ecuación general para realizar el balance de energía

Balance general:

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

4.2.1.1 Cálculo del calor de paredes verticales

Datos:

$$\begin{aligned} T_S &= 65^\circ\text{C} \\ T_\infty &= 25^\circ\text{C} \\ L &= 1.85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$T_f = \frac{(T_S + T_\infty)}{2} \quad 26$$

Donde:

T_S = Temperatura de la superficie
 T_∞ = Temperatura de la corriente de aire
 L = Longitud

$$T_f = \frac{(65 + 25)^\circ\text{C}}{2}$$

$$T_f = 45^\circ\text{C} + 273.15 = 318.15^\circ\text{K}$$

▪ **Coefficiente isobárico**

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

Donde:

β = Coeficiente isobárico
 T = Temperatura

$$\beta = \frac{1}{318.15^\circ\text{K}}$$

$$\beta = 3.1431 * 10^{-3}$$

Lecturas tomadas a 318.15 °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 7).

$$G_r = \frac{g\beta(T_s - T_\alpha)\delta^2 L^2}{\mu^2} \quad 27$$

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 m/s²

K = 0.0276 W/m.°C tabla batty c-9

μ = 2.0164 x 10⁻⁵ Kg/m. s c-9

δ = 1.1123 Kg/m³ c-9

Pr = 0.7040 c-9

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

$$G_r = \frac{9.8 \frac{m}{s^2} * 3.1431 * 10^{-3} (65 - 25)^\circ C (1.1123 \frac{Kg}{m * s})^2 1.85^2}{2.0164 * 10^{-5} Kg/m. s^2}$$

$$G_r = 1.28 * 10^{10}$$

$$G_r * Pr = 9.033 * 10^9$$

$$\log_{10} Gr * Pr = 9.95$$

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 8).

$N_u = \text{número de Nussel}$

$$\log_{10} N_u = 2.35$$

$$N_u = 223.87$$

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

Donde:

N_u = Número de Nussel

h = Coeficiente de transferencia de calor

L = Longitud

K = Propiedades del aire

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

$$h = \frac{223.87 * 0.0276 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}}{1.85 \text{ m}}$$

$$h = 3.339 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

▪ **Área de las paredes verticales**

$$A = b * a$$

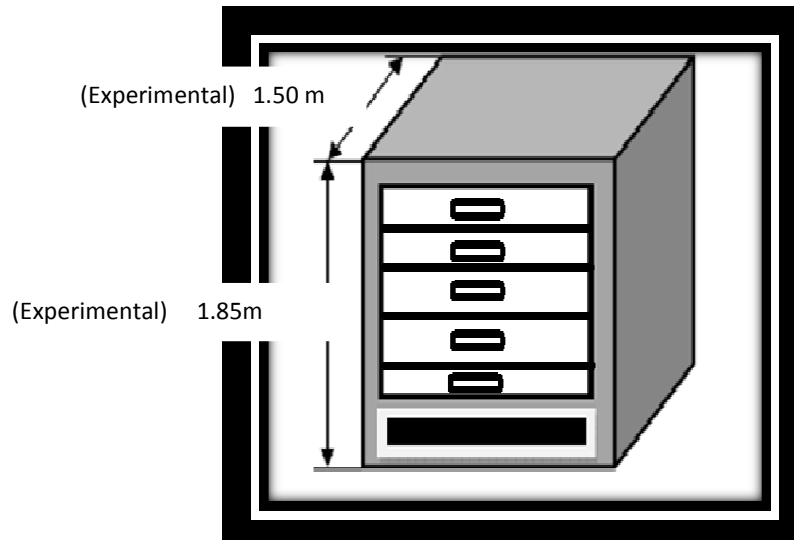
Donde:

A = área

b = base

a = altura

Gráfico N°07
Área de las paredes verticales del horno



Fuente: Morales, Ximena/UTE /2010

$$A = b \times a$$

$$A = (1,85\text{m} \times 1.50\text{m}) \times 2$$

$$A = 5.55 \text{ m}^2$$

- **Calor de las paredes verticales**

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

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

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

$$Q_1 = 3.339\text{W/m}^2\text{C} * 5.55\text{m}^2 * 40^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 741.258 \text{ W}$$

4.2.1.2. Cálculo del calor de las paredes frontal y posterior

Datos:

$$T_s = 65^\circ\text{C}$$

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

$$L = 1.50 \text{ m}$$

$$T_f = \frac{(T_S + T_\infty)}{2} \quad 29$$

Donde:

T_S = Temperatura de la superficie
 T_∞ = Temperatura de la corriente de aire
 L = Longitud

$$T_f = \frac{(65 + 25)^\circ\text{C}}{2}$$

$$T_f = 45^\circ\text{C} + 273.15 = 318.15^\circ\text{K}$$

▪ **Coefficiente isobárico**

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

Donde:

β = Coeficiente isobárico
 T = Temperatura

$$\beta = \frac{1}{318.15^\circ\text{K}}$$

$$\beta = 3.1432 * 10^{-3}$$

Lecturas tomadas a 318.15 °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 6)

$$G_r = \frac{g\beta(T_S - T_\infty)\delta^2 L^2}{\mu^2} \quad 30$$

Donde:

²⁹ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.192

³⁰ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.191

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
 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
 $K = 0.0276 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$
 $\mu = 2.0164 \times 10^{-5} \text{ Kg/m. s}^{31}$
 $\delta = 1.1123 \text{ Kg/m}^3^{32}$
 $Pr = 0.7040^{33}$

$$Gr = \frac{g\beta(T_s - T_\alpha)\delta^2 L^2}{\mu^2}^{34}$$

$$Gr = \frac{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 3.1432 * 10^{-3} (65 - 25)^\circ\text{C} (1.1123 \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}})^2 1.50^2}{2.0164 \times 10^{-5} \text{ Kg/m. s}^2}$$

$$Gr = 8.43 * 10^9$$

$$Gr * Pr = 5.938 * 10^9$$

$$\log_{10} Gr * Pr = 9.77$$

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 8).

N_u = número de Nussel

$$\log_{10} N_u = 2.2$$

³¹ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.282

³² **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.282

³³ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.282

³⁴ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.192

$$N_u = 158.49$$

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

Donde:

N_u = Número de Nussel

h = Coeficiente de transferencia de calor

L = Longitud

K = Propiedades del aire

$$h = \frac{N_u * K}{L} \quad 35$$

$$h = \frac{158.49 * 0.0276 \text{ W/m. } ^\circ\text{C}}{1.5\text{m}}$$

$$h = 2.91 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$A = b * a$$

Donde:

A= área

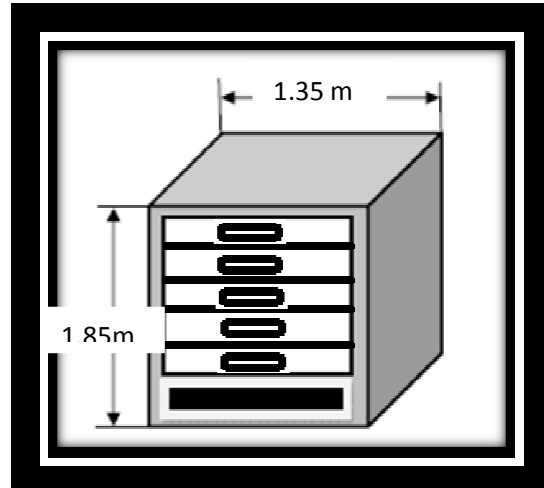
b = base

a = altura

³⁵ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.191

Gráfico N°08

Área de las paredes Frontal y Posterior del horno



Fuente: Morales, Ximena/UTE /2010

$$A = b \times a$$

$$A = (1.35\text{m} \times 1.85\text{m}) \times 2$$

$$A = 4.99 \text{ m}^2$$

- Calor de las paredes Frontal y Posterior

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

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

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

$$Q_2 = 2.91 \text{ W/m}^2\text{C} * 4.99\text{m}^2 * 40^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = 129.06 \text{ W}$$

4.2.1.3. Cálculo del calor de las paredes horizontales

Datos:

$$T_s = 65^\circ\text{C}$$

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

$$L = 1.35 \text{ m}$$

L = Longitud

$$T_f = \frac{(65 + 25)^\circ\text{C}}{2}$$

$$T_f = 45^\circ\text{C} + 273.15 = 318.15^\circ\text{K}$$

▪ **Coefficiente isobárico**

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

Donde:

β = Coeficiente isobárico

T = Temperatura

$$\beta = \frac{1}{318.15^\circ\text{K}}$$

$$\beta = 3.1432 * 10^{-3}$$

Lecturas tomadas a 318.15 °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 6)

$$G_r = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)\delta^2 L^2}{\mu^2} \quad 36$$

Donde:

g = Gravedad

β = Coeficiente isobárico de expansión

³⁶ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.191

T_s = Temperatura de la superficie

T_α = Temperatura de la corriente de aire

δ = Densidad

L = Longitud de la pared

M = Viscosidad

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

$K = 0.0276 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

$\mu = 2.0164 \times 10^{-5} \text{ Kg/m} \cdot \text{s}$ ³⁷

$\delta = 1.1123 \text{ Kg/m}^3$ ³⁸

$Pr = 0.7040$ ³⁹

$G_r = \frac{g\beta(T_s - T_\alpha)\delta^2 L^2}{\mu^2}$ ⁴⁰

$$G_r = \frac{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 3.1432 * 10^{-3} (65 - 25)^\circ\text{C} (1.1123 \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}})^2 1.35^2}{2.0164 \times 10^{-5} \text{ Kg/m} \cdot \text{s}^2}$$

$$G_r = 6.83 * 10^9$$

$$G_r * Pr = 4.8010 * 10^9$$

$$\log_{10} Gr * Pr = 9.68$$

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 8).

N_u = número de nussel

$$\log_{10} N_u = 2.15$$

$$N_u = 141.25$$
⁴¹

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

Donde:

³⁷ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.282

³⁸ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.282

³⁹ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.282

⁴⁰ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.191

⁴¹ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.200

N_u = Número de Nussel
 h = Coeficiente de transferencia de calor
 L = Longitud
 K = Propiedades del aire

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

$$h = \frac{141.25 * 0.0276 \text{ W/m. } ^\circ\text{C}}{1.35 \text{ m}}$$

$$h = 2.887 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

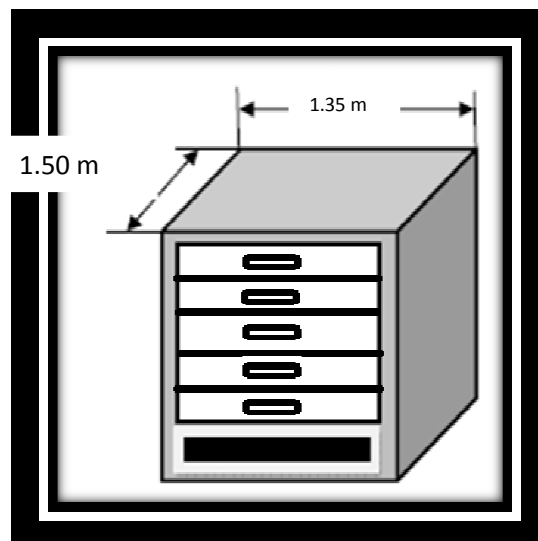
- **Área de las paredes horizontales**

$$A = b * a$$

Donde:

A = área
 b = base
 a = altura

Gráfico N°09
Área de las paredes horizontales



Fuente: Morales, Ximena/UTE /2010

$$A = b \times a$$

$$A = (1.35\text{m} \times 1.50\text{ m}) \times 2$$

$$A = 4.05\text{ m}^2$$

▪ **Calor de las paredes horizontales**

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

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

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

$$Q_3 = 2.887\text{ W/m}^2\text{C} * 4.05\text{ m}^2 * 40^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = 467.82\text{ W}$$

4.2.1.4. Cálculo de la cantidad de energía que ingresa al horno

Datos:

Vol. = 120 vol

Amp = 15 amp

Tiempo con energía = 1 horas = 3600 segundos

Eficiencia del horno = 80%

$$Q_4 = vol * amp$$

$$Q_4 = (120 * 105)W$$

$$Q_4 = (1800\text{ W}) + 20\%$$

$$Q_4 = 2160\text{ W}$$

4.2.1.5. Cálculo del calor práctico del producto

Balance general

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

$$Q_5 = (2160 - 467.82 - 129.06 - 741.258)W$$

$$Q_5 = 821.86\text{ W}$$

4.2.1.6. Cálculo del calor teórico del producto

- **Calor específico de la harina**

Datos:

% Humedad = 7.50 %

% sólidos = 92.50 %

$C_p \text{ agua} = 4.19 \text{ KJ} / \text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ⁴²

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

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

$$C_{p\text{harina}} = \frac{7.50}{100} * 4.19 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C} + \frac{92.50}{100} * 1.38 \text{ KJ} / \text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$C_{p\text{harina}} = 1.59 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

- **Calor sensible**

Datos:

$M = 2.558 \text{ kg/1 h} = 2.558 \text{ Kg/h}$

$C_{p\text{harina}} = 1.59 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$

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

$$Q_s = M * C_p * \Delta T$$
 ⁴³

$$Q_s = 2.558 \text{ Kg/h} * 1.59 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C} * 40^\circ\text{C}$$

$$Q_s = 162.68 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0.045 \text{ KW} * \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ KW}}$$

$$Q_s = 45.19 \text{ W}$$

⁴² **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.305

⁴³ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.105

- **Calor latente**

Datos:

M agua= 0.844 kg/1 h = 0,844 kg/h

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

$$Q_l = M_{\text{agua}} * hfg_{65^{\circ}\text{C}} \quad ^{44}$$

$$Q_l = 0.844 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 2346.2 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q_l = 1980.19 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{ s}} = 0.55 \text{ KW} * \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ KW}}$$

$$Q_l = 550 \text{ W}$$

- **Calor total teórico del producto**

$$Q_T = (Q_s + Q_s) + 20\%$$

$$Q_T = (45.19 + 550)W + 20\%$$

$$Q_T = 595.19 \text{ W} + 20\%$$

$$Q_T = 714.22 \text{ W}$$

4.2.1.7. Porcentaje de eficiencia del horno

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

$$\%E = \frac{714.22 \text{ W}}{821.86\text{W}} * 100$$

$$\%E = 86.91 \%$$

⁴⁴ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.105

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

Área de la superficie de las bandejas utilizadas para hornear

$$A = b * h^{45}$$

Donde:

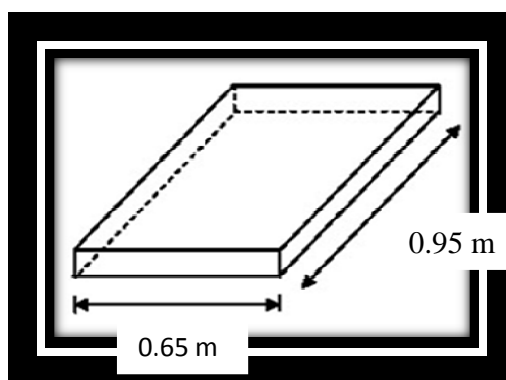
A = Área

b = Base

h = Altura

Grafico N° 10

Área de las latas del horno



Fuente: Morales, Ximena/UTE /2010

$$A = (0.95 * 0.65)m *$$

$$A = 0.6175 m^2 * 1latas$$

$$A = 0.6175 m^2$$

$$Q = U * A * \Delta T^{46}$$

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

$$U = \frac{821.86W}{0.6175 m^2 * 40^{\circ}C}$$

⁴⁵ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990.

⁴⁶ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.208

$$U = 33.27 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

4.3 Rendimiento

4.9.1. Rendimiento del pan

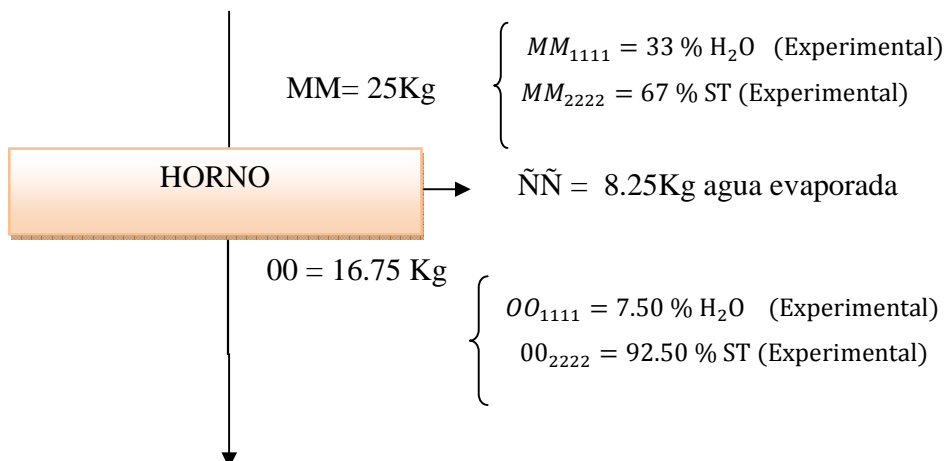
Cuadro N° 44

Kilogramos de materia prima que ingresa = 2.558 kg
Kilogramos de harina que se obtiene = 1.714 kg
$\text{Rendimiento} = \frac{\text{kilogramos de harina obtenida}}{\text{kilogramos de materia prima que ingresa}} * 100$
$\text{Rendimiento} = \frac{1.174 \text{ kg}}{2.558 \text{ kg}} * 100$
$\text{Rendimiento} = 46 \%$

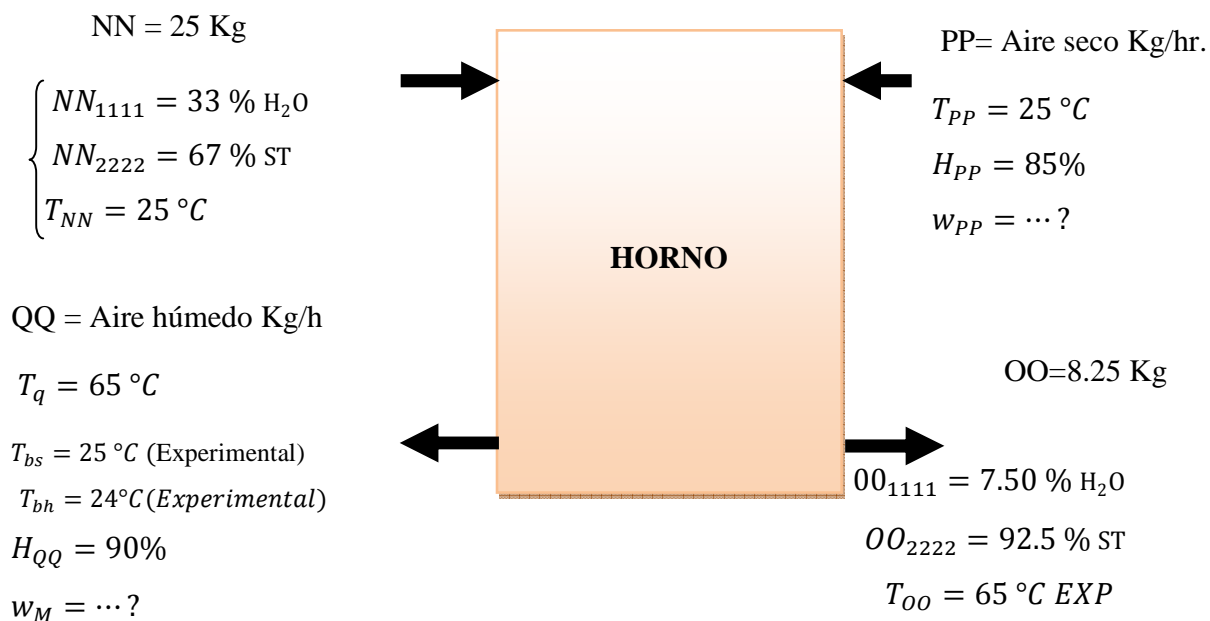
Fuente: Morales, Ximena; UTE/2010

4.4 Diseño del horno a nivel piloto

4.4.1 Área de transferencia de calor a nivel piloto



4.4.2 Flujo másico de aire



4.4.2.1. Cálculo de la humedad absoluta del aire que ingresa w_{PP}

$$\phi_L = \frac{P_V}{P_g} = 75$$

$$P_g(25^\circ \text{C}) = 3.169 \text{ KPa.}$$

$$P_V = P_g * \phi_L$$

$$P_V = 3.169 \text{ KPa} * 0.75$$

$$P_V = 2.38 \text{ KPa}$$

$$w_{PP} = 0.622 \frac{P_V}{P - P_V}$$

$$w_L = 0.622 \frac{2.38}{101.3 - 2.38}$$

$$w_{PP} = 0.015 \text{ Kg H}_2\text{O / Kg aire seco}$$

4.4.2.2. Cálculo de la humedad absoluta del aire que sale w_{QQ}

$$\phi_L = \frac{P_V}{P_g} = 90$$

$$P_g(65^\circ C) = 25.03 \text{ KPa.}$$

$$P_V = P_g * \phi_L$$

$$P_V = 25.03 \text{ KPa} * 0.90$$

$$P_V = 22.52 \text{ KPa}$$

$$w_M = 0.622 \frac{P_V}{P - P_V}$$

$$w_{QQ} = 0.622 \frac{22.52}{101.3 - 22.52}$$

$$w_{QQ} = 0.18 \text{ KgH}_2\text{O/Kg aire seco}$$

4.4.2.3 Balance húmedo del sistema

• Balance general

$$NN + PP = OO + QQ$$

$$25 + PP = 8.25 + QQ$$

$$16.75 + PP = QQ$$

$$PP = QQ - 16.75$$

• Balance de agua

$$NN(W_{MM}) + PP(W_{PP}) = OO(W_O) + QQ(w_{QQ})$$

$$25(0.33) + (QQ - 16.75)(0.015) = 8.25(0.0750) + QQ(0.18)$$

$$8.25 + 0.015 QQ - 0.25 = 0.61 + 0.18QQ$$

$$-0.165 QQ = -7.39$$

$$QQ = 44.79 \text{ Kg aire hùmedo}$$

$$PP = QQ - 16.75$$

$$PP = 44.79 - 16.75$$

$$PP = 28.04 \text{ Kg de aire seco}$$

4.4.2.4 Cantidad de calor total del horno

$$Q = M_{pe} C_{pe} (T_{pe} - T_{pi}) + M_a (C_a (T_{ae} - T_{ai}) + w_{ai} (h_{ve} - h_{vi})) + M_{evap} (h_{ve} - h_{li}) + Q_{perdido}$$

En donde:

Q = Transferencia de calor que se necesita

M_{pe} = Velocidad de flujo de la masa del producto que sale del sistema de velocidad

C_{pe} = Calor específico del producto a la salida

T_{pe} = temperatura del producto a la salida

T_{pi} = temperatura del producto a la entrada

M_a = velocidad de flujo de masa del aire seco a la entrada del secador

C_a = calor específico a presión constante del aire seco

T_{ae} = temperatura del aire a la salida

T_{ai} = temperatura del aire a la entrada

w_{ai} = humedad absoluta del aire que entra al secador

h_{ve} = entalpía del vapor de agua en la salida del aire

h_{vi} = entalpía del vapor de agua en la entrada del aire

M_{evap} = velocidad de evaporación dentro del secador

h_{li} = entalpía del agua líquida en la entrada del producto

$Q_{perdido}$ = pérdida del calor a través de las paredes por fuga del aire

Datos:

$$Q = \dots ?$$

$$M_{pe} = 25 \text{ Kg}$$

$$C_{pe} = 1.59 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C}$$

$$T_{pe} = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

⁴⁷ **BATTY, J.C.:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990.

$$\begin{aligned}
 M_a &= 28.04 \text{ Kg de aire seco} \\
 C_a &= 1.0035 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C} \\
 T_{ae} &= 65^\circ\text{C} \\
 T_{ai} &= 25^\circ\text{C} \\
 w_{ai} &= 0.016 \text{ KgH}_2\text{O/Kg aire seco} \\
 h_{ve} &= 2618.3 \text{ KJ/Kg}^{48} \\
 h_{vi} &= 2547.2 \text{ KJ/Kg}^{49} \\
 M_{evap} &= 8.25 \text{ Kg agua evaporada} \\
 h_{li} &= 104.89 \text{ KJ/Kg}^{50} \\
 Q_{perdido} &= + 20\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= 25 \text{ Kg} * 1.59 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} (65 - 25)^\circ\text{C} + 28.04 \text{ Kg de aire seco} \left(1.0035 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} (65 - \right. \\
 &25)^\circ\text{C} + 0.016 \frac{\text{KgH}_2\text{O}}{\text{Kg aire seco}} (2618.3 - 2547.2) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \left. \right) + 8.25 \text{ Kg agua evaporada} \\
 &\quad (2618.3 - 104.89) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} + Q_{perdido}
 \end{aligned}$$

$$Q = (1590\text{KJ} + 1125.53\text{KJ} + 1.1376\text{KJ} + 20735.63\text{KJ}) + Q_{perdido}$$

$$Q = 23452.2976 \text{ KJ} + 20\%$$

$$Q = 29080.85\text{KJ}$$

$$Q = 29080.85 \frac{\text{KJ}}{1 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ KJ}}$$

$$Q = 8078.01 \text{ W}$$

4.4.2.5 Cálculo del área

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

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

⁴⁸ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.282

⁴⁹ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.282

⁵⁰ **BATTY, J.C:** FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1990. Pag.282

$$A = \frac{8078.01 \text{ W}}{33.27 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}} * 40\text{°C}}$$

$$A = 6.07 \text{ m}^2$$

4.4.2.6 Dimensionamiento de las bandejas

$$A = \frac{6.07 \text{ m}^2}{12 \text{ bandejas}} = 0.51 \text{ m}^2 \text{ área de cada bandeja}$$

$$A = L^2$$

$$L = \sqrt{A}$$

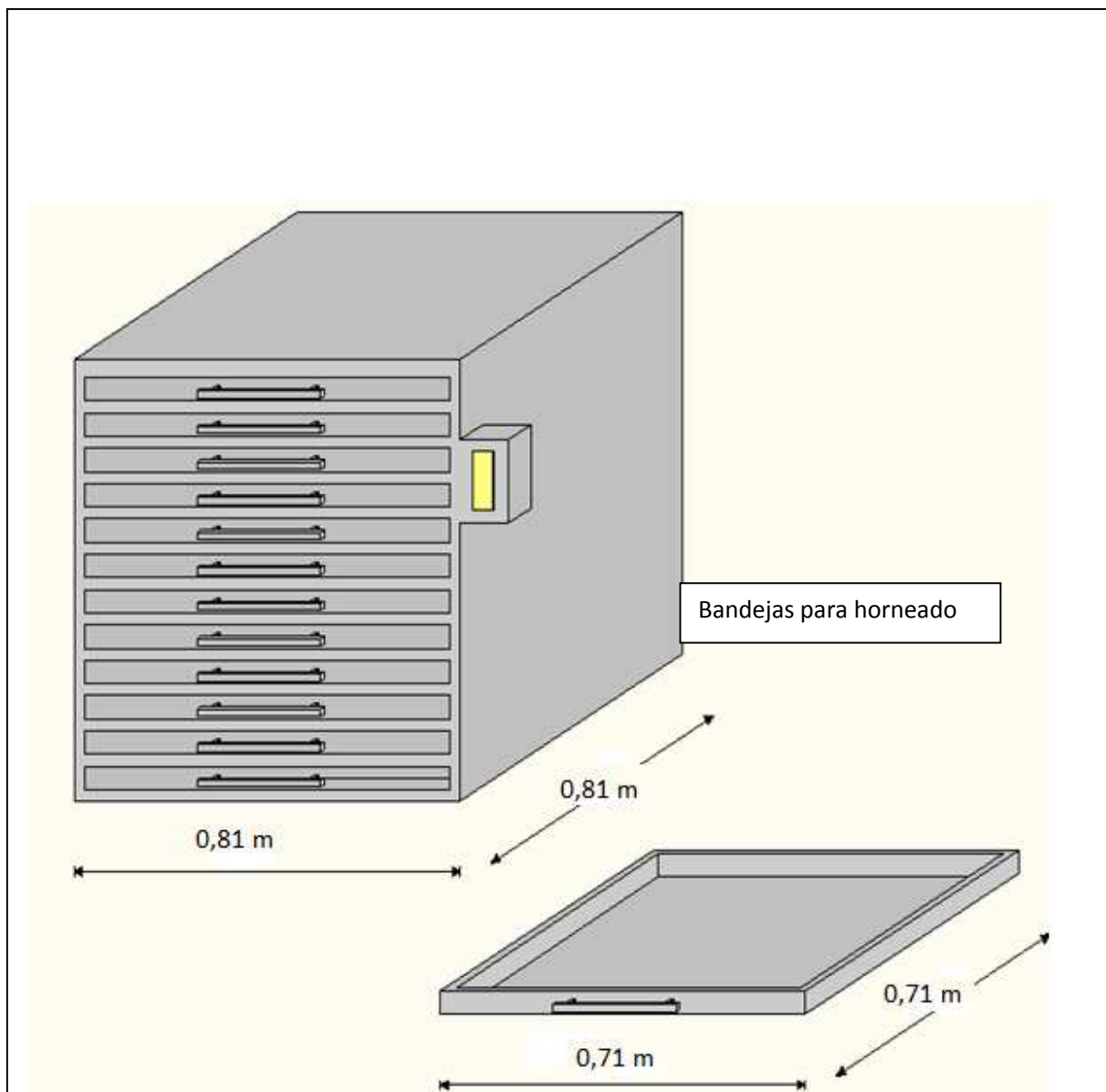
$$L = \sqrt{0.51}$$

$$L = 0.71 \text{ m}$$

- **Dimensionamiento de cada bandeja** = 0.71 m largo * 0.71 m de ancho.
- **Cantidad de materia prima en cada bandeja**

$$MP(I) = \frac{25 \text{ Kg}}{12 \text{ bandejas}}$$

$$MP(I) = 2.08 \text{ Kg por masa de pan}$$



UNIVERSIDAD TECNOLOGICA EQUINOCCIAL

Diseño: Morales Ximena

Dibujó: Morales Ximena

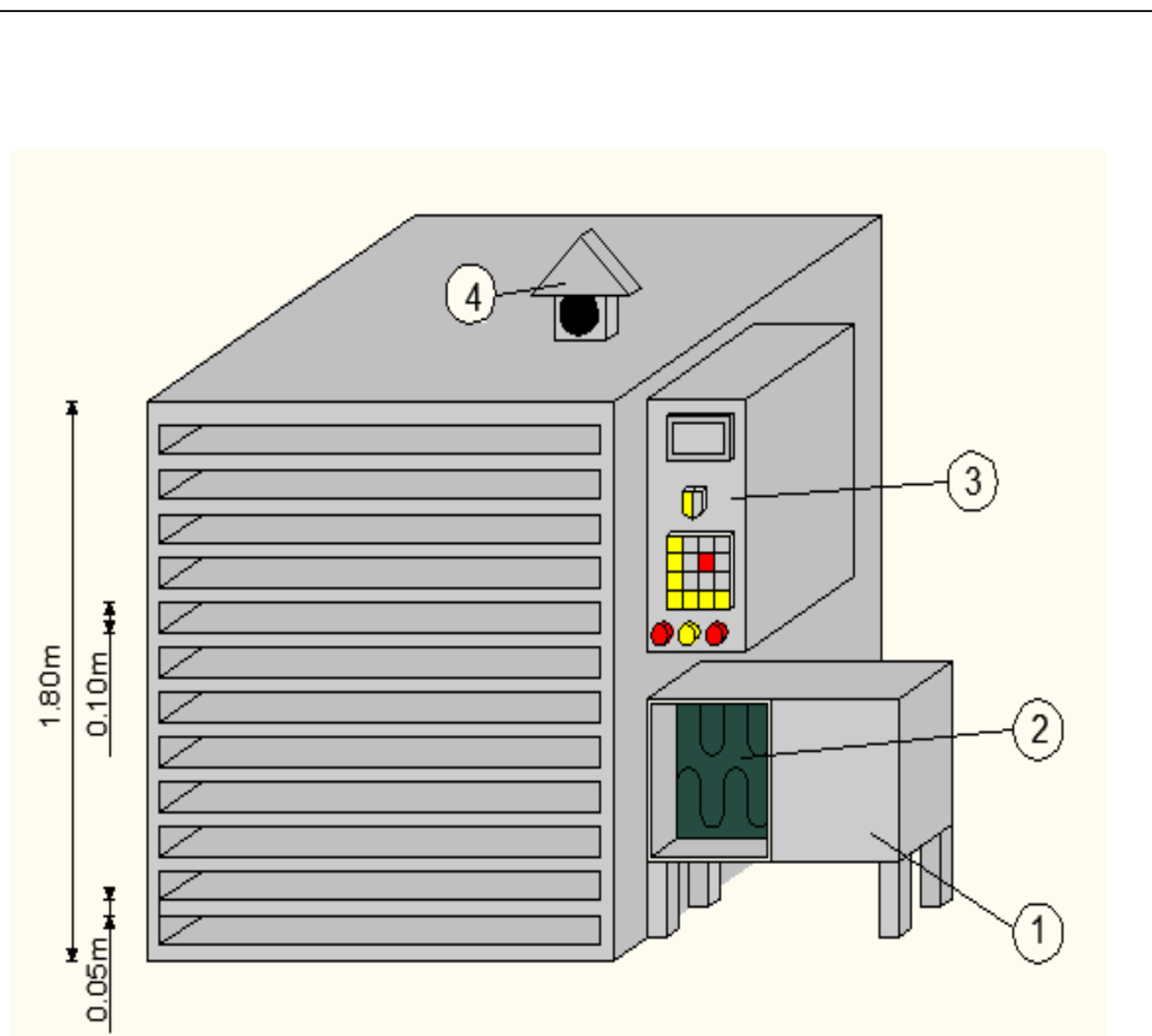
Aprobó: Ing. Burbano

**VISTA DEL HORNO CON
DOBLE COMPARTIMIENTO
A NIVEL PILOTO**

Fecha: Enero 2011

Escala: 1:100

Plano: 1



Simbología:

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Resistencia o quemador | 3. Controles de Temperatura y tiempo (min) |
| 2. Entrada de aire seco | 4. Salida de aire húmedo |

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Diseño: Morales Ximena

Dibujó: Morales Ximena

Aprobó: Ing. Burbano

**VISTA FRONTAL DEL
HORNO CON DOBLE
COMPARTIMIENTO A
NIVEL PILOTO**

Fecha: Enero 2011

Escala: 1:100

Plano: 2

4.5. Costos

4.5.1 Costos de la harina de avena

Cuadro. No: 45

Costos de producción de la harina de Avena

Producto	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
Avena	1,000	Kg	0,90	0,90
fundas plásticas	1	Unid.	0,03	0,03
COSTO A				0,93
Detalle	Cantidad	Total		
mano obra	10% Costo A	0,0930		
Energía	5 % Costo A	0,0465		
Utilidad	20% Costo A	0,0186		
produccion de maquinaria	5 % Costo A	0,0465		
COSTO B			0,2046	
COSTO TOTAL = COSTO A+ COSTO B				
COSTO TOTAL = 1,1346				

Fuente: Morales, Ximena/UTE/2010

El costo de 1 kg de harina de avena es de \$ 1,1346 dólares.

4.5.2 Costos de la harina de quinua

Cuadro. No: 46

Costos de producción de la harina de quinua

Producto	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
Quinua	1,000	Kg	3,00	3,00
Fundas plásticas	1	Unid.	0,03	0,03
COSTO A				3,03
Detalle	Cantidad	Total		
Mano de Obra	10% Costo A	0,3030		
Energía	5 % Costo A	0,1515		
Utilidad	20% Costo A	0,6060		
produccion de maquinaria	5 % Costo A	0,1515		
COSTO B			1,212	
COSTO TOTAL = COSTO A+ COSTO B				
COSTO TOTAL = 4,242				

Fuente: Morales, Ximena/UTE/2010

El costo de 1 kg de harina de quinua es de \$ 4,242 dólares.

4.5.3 Costos de la harina de garbanzo

Cuadro. No: 47

Costos de producción de la harina de garbanzo

Producto	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
Garbanzo	1,00	Kg	2,00	2,00
fundas plásticas	1	Unid.	0,03	0,03
COSTO A				2,03
Detalle	Cantidad	Total		
mano obra	10% Costo A	0,2030		
Energía	5 % Costo A	0,1015		
Utilidad	20% Costo A	0,4060		
produccion de maquinaria	5 % Costo A	0,1015		
COSTO B			0,812	
COSTO TOTAL = COSTO A+ COSTO B				
COSTO TOTAL = 2,842				

Fuente: Morales, Ximena/UTE/2010

El costo de 1 kg de harina de garbanzo es de \$ 2,842 dólares.

4.5.4 Costos del pan integral

Cuadro. No: 48

Costos de producción del pan integral

Producto	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
Hna.Quinua	400	gr.	1,20	1,20
Hna.Avena	400	gr.	0,36	0,36
Hna.Garbanzo	200	gr.	0,40	0,40
TG	10	gr.	4,50	4,50
HPMC	8	gr.	1,15	1,15
Huevos	120	gr.	0,30	0,30
Levadura	100	gr.	0,45	0,45
Azucar	150	gr.	0,38	0,38
Manteca	100	gr.	0,40	0,40
Fabripan	100	gr.	0,36	0,36
Leche en polvo	35	gr.	0,35	0,35
Sal	35	gr.	0,25	0,25
Agua	900	gr.	0,10	0,10
COSTO A				10,20
Detalle	Cantidad		Total	
mano obra	10% Costo A		1,02	
Energía	5 % Costo A		0,51	
Utilidad	20% Costo A		2,04	
producción de maquinaria	5 % Costo A		0,51	
COSTO B				4,08
COSTO TOTAL = COSTO A+ COSTO B				
COSTO TOTAL = 14,28				

Fuente: Morales, Ximena/UTE/2010

Peso total del producto: 0.171386 kg

Cantidad de panes: 60 unidades

Precio unitario: \$ 0.17 ctv. c/u

El precio de venta al público del pan integral es de \$ 0.17 ctvs. por cada unidad.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✚ Se caracterizó la quinua como materia prima la cual debe estar en óptimas condiciones de procesamiento y una composición promedio de humedad del 7,51%, ceniza 2,52%, grasa 6,88%, proteína 17,64%, fibra 4,23% y el 61,2% de elementos no nitrogenados.
- ✚ Se caracterizó la avena como materia prima la cual debe estar en óptimas condiciones de procesamiento y una composición promedio de humedad del 0,37%, ceniza 1,24%, grasa 6,08%, proteína 13,41 %, fibra 16,3% y el 62,59 % de elementos no nitrogenados.
- ✚ Se caracterizó al garbanzo como materia prima la cual debe estar en óptimas condiciones de procesamiento y una composición promedio de humedad del 2,09%, ceniza 3,30%, grasa 6,61%, proteína 23,12 %, fibra 6,18 % y el 58,70 % de elementos no nitrogenados.
- ✚ Se determinó que la granulometría apropiada de las harinas es la siguiente: Quinua es de 2 mm, con un porcentaje de rendimiento de 25,93% con un rendimiento de harina del 99,15%. Avena es de 2 mm, con un porcentaje de rendimiento de 12,97% con un rendimiento de harina del 98,99%. Garbanzo es de 2 mm, con un porcentaje de rendimiento de 25,93% con un rendimiento de harina del 99,15%.
- ✚ En la investigación se determinó que al utilizar harina de Quinua, avena, garbanzo y la adición de Hidroxipropilmetilcelulosa con la enzima Transglutaminasa, mejoran las características organolépticas del pan integral en lo que corresponde al color, olor, sabor y textura; además se logra un aumento en el valor nutricional del

producto, obteniendo un pan integral de buena calidad, con un contenido de proteína del 13,70%.

- ✚ Se determinó que la relación harina de Quinoa, avena, garbanzo y la adición de Hidroxipropilmetilcelulosa con la enzima Transglutaminasa, para mejorar las características organolépticas y el valor nutricional del pan integral, es de: Hna. De quinoa (40%); Hna. De avena (40%); Hna. De garbanzo (20%); Transglutaminasa (1%); Hidroxipropilmetilcelulosa (0,8%).
- ✚ Se concluye que en base a las propiedades reológicas la enzima si actúa ligando a las proteínas dando una mayor calidad y resistencia.
- ✚ Se aplicó la tecnología adecuada para la obtención de pan integral, mediante el método del horneado a una temperatura de 180°C por 30 minutos, en un horno a nivel laboratorio, concluyendo que estos parámetros son los óptimos para realizar el horneado para así de esta manera obtener un producto de buena calidad.
- ✚ Se logró determinar que la aceptabilidad del pan integral, mediante pruebas degustativas, es la muestra tres, que contiene Hna. De quinoa (40%); Hna. De avena (40%); Hna. De garbanzo (20%); Transglutaminasa (1%); Hidroxipropilmetilcelulosa (0,8%), es la que tuvo mayor aceptación.
- ✚ Se determinó que el mejor tratamiento para la preparación de la mezcla es el (A₂B₂), Hna. De quinoa (40%); Hna. De avena (40%); Hna. De garbanzo (20%); Transglutaminasa (1%); Hidroxipropilmetilcelulosa (0,8%), es la que tuvo mayor aceptación el cual se obtuvo aplicando un Diseño Experimental (A*B) con tres repeticiones basándose en los resultados del contenido proteico considerado el más relevante de la investigación, el cual es altamente significativo al realizar diferentes formulaciones, reportando de acuerdo a la prueba del Tukey al 5% como mejor tratamiento.
- ✚ Se analizó la composición bromatológica de la mejor formulación del pan integral la cual dio como resultado una composición promedio de humedad del 7,50 %, ceniza 2,15%, grasa 6,27%, proteína 12,67 %, fibra 13,19 % y el 58,22 % de elementos no nitrogenados.

- ✚ En el análisis de costos, se obtuvo que al procesar 0,2558 Kg de mezcla Hna. De quinua (40%); Hna. De avena (40%); Hna. De garbanzo (20%); Transglutaminasa (1%); Hidroxipropilmetilcelulosa (0,8%), se obtienen 60 panes por un costo de \$14,28; lo que en el mercado se expenderá por un valor \$0,17 ctvs. cada pan.
- ✚ Se concluye que si se puede realizar productos de panificación libres de gluten con buena calidad nutricional.
- ✚ Se concluye que según las normas INEN, el producto cumple con las normas específicas, como es buenas condiciones sanitarias, propiedades organolépticas y con una excelente miga pardeada característico del pan integral.

5.2 Recomendaciones

- ✚ Se recomienda que la materia prima cumpla con las condiciones optimas de procesamiento y esté libre de cualquier residuo o sustancia extraña antes de ingresar al proceso de elaboración lo cual puede afectar al consumidor.
- ✚ Utilizar la Transglutaminasa e Hidroxipropilmetilcelulosa en cantidades recomendadas, ya que si se incrementa su utilización se pierde la consistencia, elasticidad, volumen de leudado y afectan en el contenido nutricional del producto de panificación.
- ✚ Se recomienda utilizar menos cantidad de garbanzo, para la elaboración de pan integral ya que esta leguminosa por su alto contenido de azúcar tiende a afectar en la textura del producto.
- ✚ Se debe homogenizar las mezclas de harinas-Transglutaminasa e Hidroxipropilmetilcelulosa, antes de poner los aditivos para tener una masa elástica y un leudado uniforme.

- ✚ Se recomienda utilizar una temperatura de horneado de 180°C por 30 minutos.

- ✚ Para garantizar la vida útil del pan integral, se debe utilizar un material de empaque adecuado como es el polietileno.
- ✚ Incentivar a las personas a consumir productos nutricionales como son los cereales y leguminosas.

- ✚ Se recomienda la utilización de este producto a personas con problemas celíacos, ya que por su alto contenido de fibra ayuda a una mejor la digestión.

- ✚ Es necesario la utilización del tamiz de 2mm, ya que debemos aprovechar al máximo la fibra de los cereales y la leguminosa.

BIBLIOGRAFÍA

1. **BARDERAS, Valiente.** Problemas de Balance de Materia y Energía en la Industria Alimentaria. Editorial McGraw-Hill. México. 1991
2. **Charley Helen,** Tecnología de Alimentos, México, Editorial Limusa, S.A., 1995, p. 207 – 229.
3. **Clair, J. Batty,** Folkman Steven (1990): Fundamentos de la Ingeniería de Alimentos, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México.
4. **GONZALEZ,** María Jesús. Industria de cereales y derivados. Editorial Mundi Prensas. 2002.
5. **LARRÉ C,** Deshayes G, Lefebvre J, Popineau Y. (1998). Hydrated gluten modified by a transglutaminase. *Nahrung*, 42, 155-157.
6. **MARCO García, Cristina** (2008) “Mejora de la funcionalidad de proteínas libres de gluten y aplicación en productos fermentados” Tesis doctoral Valencia –España.
7. **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.
8. **Manual de Análisis de Alimentos,** del “Laboratorio de Química”. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo de los Tsachilas.
9. **MORAN,** F. 1998. Manejo Poscosecha Quinua en Pacayitas de Turrialba. Consejo Nacional de Producción. San José.
10. **McCARTHY, DF,** Gallagher E, TR Gormley, Schober TJ, Arendt EK. (2005). Aplicación de la respuesta de la metodología de superficie en la elaboración de pan sin gluten. *Cereal Chemistry*, 82 (5), 609-615.
11. **MOORE,** MM, Schober TJ, P Dockery, Arendt EK. (2004). La comparación de la textura de gluten de trigo, pastas base, bateadores, y los panes. *Cereal Chemistry*, 81, 567-575.
12. **NESTLÉ NUTRICIÓN** Servicio al Consumidor, Ecuador S.A.”Nutrición, Salud y Bienestar”

13. **NORMAS INEN** “Para harinas de origen vegetal y panificación “
14. **PEARSON**. 2002. Composición y análisis de los alimentos. Editorial Continental. México.
15. **PERRY, Robert**. / (1992). “Manual del Ingeniero Químico”. Tomo II. México.
16. **REYES, Darwin**. Aplicación de la enzima xilanas a la harina de trigo para mejorar las propiedades reológicas de la masa y organolépticas del pan en la U.T.E santo domingo 2008.
17. **ROJAS P** (1986) “El Proceso de la Investigación Científica” México Editorial Trillas.
18. **SÁNCHEZ, Otero Julio** “Introducción al Diseño Experimental” Impreso en Ecuador 2006.
19. **Terranova**. / (1995). Enciclopedia Agropecuaria, Producción Agrícola Tomo II. Terranova Editores, Ltda. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.
20. **Tesis de Ingeniero Agrónomo**. Universidad Técnica Particular de Loja, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Loja, Ecuador. 62 p.
21. **Tapia, Mario; H:** Gandarillas; S. Alandia; A. Cardozo; A. Mujica; R. Ortiz; V. Otazu; J. Rea; B. Salas y E. Zanabria. 1979: *Quinoa y Kañiwa cultivos andinos*. CIID; editorial IICA, Bogotá
22. <http://www.infojardin.net/fichas/plantas-medicinales/avena-sativa.htm>
23. <http://taninos.tripod.com/quinoa.htm>
24. <http://www.monografias.com/trabajos58/quinoa/quinoa.shtml>
25. <http://www.gastronomiaycia.panintegral-blanco>.
26. <http://www.es.wikipedia.org/wiki/Tamizado>
27. <http://www.maquinasdepanaderia.com/imagene/amasadorahorizontal>.
28. <http://www.es.wikipedia.org/wiki/Horneado>

A

Z

E

X

O

S

ANEXO 1

Fotografías del proceso de elaboración de harina



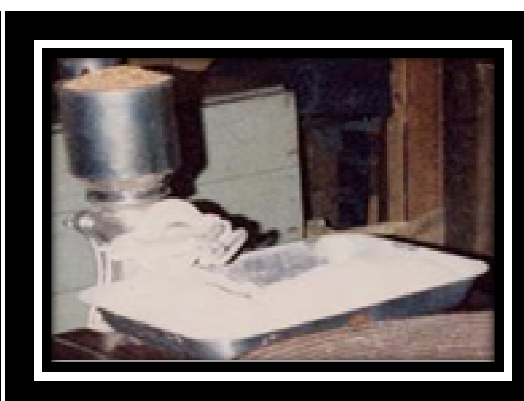
RECEPCION



SELECCIÓN



MOLIENDA



PRODUCTO FINAL

ANEXO 2

Fotografías de las Materias Primas



QUINUA



AVENA



GARBANZO

ANEXO 3

Fotografías de las Harinas



HARINA DE QUINUA



HARINA DE AVENA



HARINA DE GARBANZO

ANEXO 4

Fotografías de la maquinaria utilizada para la elaboración de harina



MOLINO DE DISCOS



TAMIZ



ENZIMA TRANSGLUTAMINASA

ANEXO 5

Fotografías del proceso de elaboración de pan integral.



AMASADO



MOLDEADO



LEUDADO



HORNEADO



PAN INTEGRAL

ANEXO 6

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 $kg/m \cdot s$ $\times 10^5$	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 7

Tabla B-1 Propiedades del vapor saturado (Unidades SI).

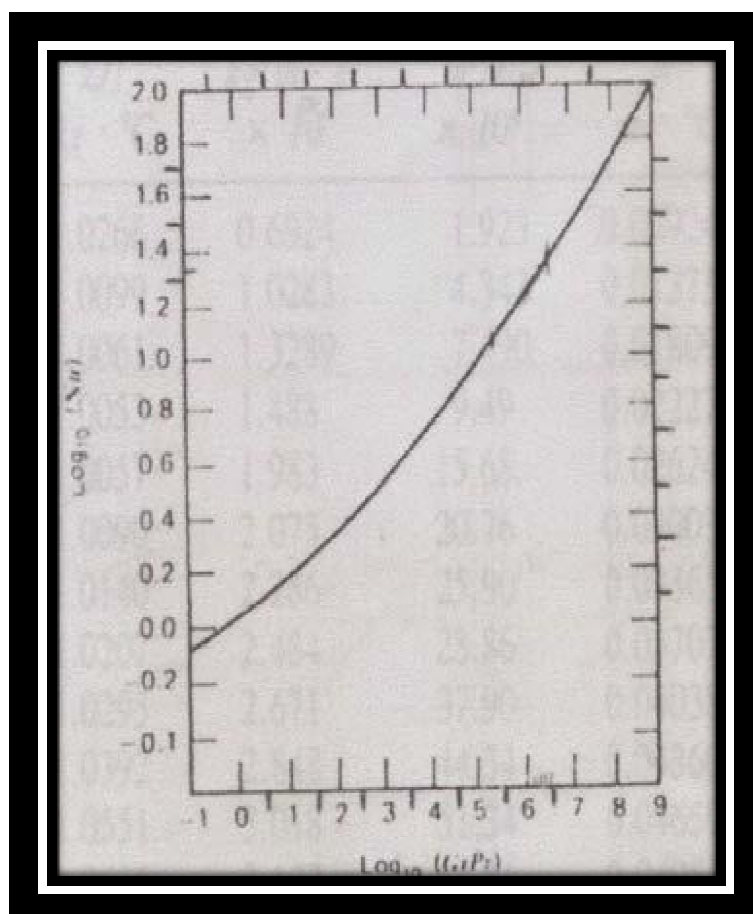
Tabla B-1 Propiedades del vapor saturado: Tabla de temperatura (Unidades SI)

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	2510.8	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	2565.5	0.5053	7.8478	8.3531
40	7.384	0.001 008	19.52	167.56	2262.6	2430.3	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	2443.3	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	2469.6	292.98	2333.8	2626.8	0.9549	6.8004	7.7553
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	1.0755	6.5369	7.6122
85	57.83	0.001 033	2.828	355.84	2132.8	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1345	6.4102	7.5445
90	70.14	0.001 036	2.361	376.85	2117.7	2494.3	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	6.2866	7.4791
95	84.55	0.001 040	1.982	397.88	2102.7	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	6.1659	7.4159
100	0.101 35	0.001 044	1.6729	418.94	2087.6	2506.5	418.94	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	2683.5	1.3630	5.9328	7.2958
110	0.143 27	0.001 052	1.2103	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 55	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	2188.5	2713.5	1.5813	5.4962	7.0775
130	0.2701	0.001 070	0.6685	546.02	1993.9	2539.9	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	2746.3	1.8418	4.9960	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	675.53	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	1.9925	4.7155	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	6.6653
175	0.8920	0.001 121	0.2168	740.17	1840.0	2580.2	741.17	2032.4	2773.6	2.0900	4.5347	6.6235
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	6.5825
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 54	806.19	1783.8	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2350	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	2.3789	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	2803.3	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	1790.3	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	1690.8	2799.5	2.8383	3.1992	6.0375
260	4.684	0.001 276	0.042 21	1128.39	1470.6	2599.0	1134.37	1664.5	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	1603.2	2789.7	2.9751	2.9551	5.9301
275	5.942	0.001 317	0.032 79	1202.25	1387.8	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	1326.9	2727.3	3.3493	2.2737	5.6230
315	10.547	0.001 472	0.016 867	1415.5	1121.1	2536.6	1431.0	1288.5	2714.5	3.3982	2.1821	5.5804
320	11.274	0.001 499	0.015 488	1444.6	1080.9	2525.5	1461.5	1248.6	2700.1	3.4480	2.0882	5.5362
330	12.845	0.001 561	0.012 996	1505.3	993.7	2498.9	1528.3	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	1594.2	1027.9	2622.0	3.6594	1.6763	5.3357
350	16.515	0.001 740	0.008 813	1641.9	776.6	2418.4	1670.6	893.1	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	21.05	0.002 213	0.004 925	1844.0	384.5	2228.5	1880.5	411.6	2332.1	4.1193	0.6805	4.7971
374.14	22.09	0.003 135	0.003 135	2029.6	0	2029.6	2029.6	0	2029.6	4.2298	0	4.2298

Las Tablas B-1 a B-10 adaptadas de Joseph H. Keenan, Frederick G. Keyes, Philip G. Hill, y Joan G. Moore, *Steam Tables* (Nueva York: John Wiley and Sons, Inc. 1969). Reimpresión de Gordon J. Van Wyle

ANEXO 8

Cuadro de lectura de Nusselt



ANEXO 9



Formato de la hoja de encuesta para el pan integral

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Campus Santo Domingo
ENCUESTA

Encuesta de aceptación de consumo de pan integral de Quinoa, Avena y Garbanzo con adición de Hidroxipropilmetilcelulosa y la enzima Transglutaminasa.

Por favor colaborar, en la siguiente encuesta, ya que esta información servirá para el desarrollar de mi tesis de grado de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial.

Marque con una (X), según su criterio, en cada una de las muestras.

COLOR	Calificación	Muestras			
		M1	M2	M3	M4
	Muy Agradable				
	Agradable				
	Desagradable				

OLOR	Calificación	Muestras			
		M1	M2	M3	M4
	Muy Agradable				
	Agradable				
	Desagradable				

SABOR	Calificación	Muestras			
		M1	M2	M3	M4
	Muy Agradable				
	Agradable				
	Desagradable				

TEXTURA	Calificación	Muestras			
		M1	M2	M3	M4
	Muy Agradable				
	Agradable				
	Desagradable				

ANEXO 10

INEN 95

PAN COMUN REQUISITOS

1. OBJETO

1.1. Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el pan común.

2. TERMINOLOGIA

2.1. Pan común. Es el pan de miga blanca u oscura, elaborado a base de harina de trigo: blanca, semi-integral o integral, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados.

2.2. Otros términos relacionados con esta norma están definidos en la Norma INEN 93.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1. Las materias primas utilizadas en la elaboración del pan común deben sujetarse a las Normas INEN correspondientes.

3.2. El pan común debe procesarse en condiciones sanitarias adecuadas, a fin de evitar su contaminación con microorganismos patógenos o causantes de la descomposición del producto.

4. REQUISITOS DEL PRODUCTO

4.1. Componentes. La masa para la cocción del pan común debe prepararse con los siguientes componentes:

- a). Harina de trigo: blanca, semi-integral o integral
- b). Agua potable
- c). Levadura activa, fresca o seca
- d). Sal comestible
- e). Azúcar en cantidad suficiente para ayudar al desarrollo de la levadura
- f) Grasa comestible (animal o vegetal)

4.2. Características organolépticas

4.2.1. El pan común debe presentar el sabor y olor característico del producto fresco y bien cocido. Su sabor no debe ser amargo, ácido o con indicios de rancidez.

4.2.2. Corteza. El pan común debe presentar una corteza de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas.

4.2.3. Miga. La miga del pan común debe ser elástica, porosa, uniforme, no esponjosa ni desmenuzable.

4.2.4. Tamaños. El pan común debe fabricarse en forma de panes, palanquetas o moldes, de acuerdo con las formas establecidas en la Norma INEN 94.

4.2.5. Sólidos totales. El contenido de sólidos totales, determinado de acuerdo con el método descrito en Anexo A, no debe ser menor del 65% para el pan blanco, del 65% para el pan semi-integral y del 60% para el pan integral.

4.2.6. Acidez. La acidez determinada de acuerdo con el método descrito en el Anexo B debe estar entre 5,5 y 6,0 para los tres tipos de panes.

4.2.7. Humedad. La humedad determinada de acuerdo con el Anexo A no debe ser mayor del 35% para el pan blanco, del 35% para el pan semi-integral y del 40% para el pan integral.

4.2.8. Para efectos de comercialización. El pan debe venderse al peso, de acuerdo a la siguiente escala de números preferidos: 20g, 30g, 50g, 100g, 200g, 300g, 500g, 1000g.

4.2.9. Las tolerancias permitidas en el peso, de acuerdo con el numeral 4.2.8 serán del 10% para panes de hasta 50 gramos de peso y del 5% para los demás.

5. MUESTREO

5.1. Las muestras deben extraerse dentro de las 24 horas después que el producto haya salido del horno.

5.2. Para la verificación del peso se tomarán muestras de 10 a 15 unidades en el caso de panes de hasta 50 gramos de peso individual, y de tres panes en los otros casos. El peso promedio se determinará en cada caso.

6. MERCADO, ROTULADO Y EMBALAJE

6.1. El pan común debe ser embasado en las panaderías en fundas individuales, que contengan un número adecuado que facilite su comercialización.

6.2. Las fundas o envolturas deben ser de papel especial o plástico, resistente a la acción del producto, no deben alterar sus características organolépticas o su composición; además, proporcionarán una adecuada protección ante la contaminación externa.

6.3. Las fundas o envolturas deben marcarse con el peso, precio, número de registro sanitario, designación del producto, marca comercial registrada y otra información complementaria opcional.