

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE
SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO
COMERCIAL POR HARINA DE TRIGO
(*Triticum aestivum ssp*) INIA – 418 “El
Nazareno” PARA ELABORACIÓN DE PANES
FRANCÉS Y PARA HAMBURGUESA**

**Tesis para optar el título profesional de
Ingeniera en Industrias Alimentarias**

Presentado por:

Bach. Yure QUISPE PANIAGUA

AYACUCHO - PERÚ

2012

DEDICATORIA

A Dios por la vida, por tener un proyecto y un plan para mí, por los talentos y dones, por venir a mí siempre, aún cuando yo me he alejado.

Gracias por amarme y por cambiar mi corazón, llenándolo de tu amor.

AGRADECIMIENTOS

Le doy a gracias a Dios por el don de la Vida y por cada una de las personas que ha puesto en mi vida en el momento indicado, por darme la fuerza y valor de luchar cada día, por permitir vivir este momento.

A mis padres TEODORO y MARIA NIEVES, por sus guías ante las dificultades de la vida, por brindarme su amor y protección, por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia los sueños se hacen realidad.

A mis hermanos ROSA, HERNÀN y JESÚS, por ser mi fuente de inspiración y motivación de terminar mis estudios, quienes están siempre a mi lado, brindándome su cariño.

A mi alma mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por ser un excelente espacio de formación y estudio, donde he crecido personal y profesionalmente.

A todos los catedráticos y personal administrativo de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por transmitirme durante mi formación académica enseñanzas, experiencias, consejos y orientaciones para convertirme en un profesional competente.

A la Empresa ALICORP S. A. A. y a su Gerente de Desarrollo de Productos Industriales, Alex Moran Delgado, por ofrecer los medios técnicos y humanos para la realización de los ensayos de caracterización de las harinas. Mi gratitud, de forma expresa, al personal del laboratorio de Control de Calidad (Molino – Callao).

Al Proyecto APROLAB II por el financiamiento parcial de esta investigación a través del Micro Proyecto “pastelería novoandina propuesta formativa en el CETPRO - Joaquín López Antay”, especialmente mi más sincero agradecimiento al Ing. Miguel Leandro, por confiar en mi capacidad y su valiosa ayuda para sacar adelante este trabajo de investigación.

Al Dr .Alfredo Matos e Ing. Guido Anglas de la Universidad Peruana Unión, y al Ing. Walter Pereyra de Alicorp por toda la orientación, paciencia, esmero, disposición y valiosos comentarios que tuvieron durante la realización de esta investigación.

A mi asesor Ing. Fernando Pérez Sáez, la especial gratitud por su tiempo, orientación y contribución a la elaboración de la presente investigación.

A la Ing. Martha Ibáñez, Sra. Ruth Paucar y Maribel Gonzales, del Programa de Cereales y Granos Nativos de la UNALM, por el apoyo brindado para la realización de esta investigación así como su amistad otorgada.

A Susan Pillaca Medina, por su orientación, amistad y ayuda durante la realización de esta investigación.

A mis amigos y compañeros de estudio, que permitieron aprender y compartir lo mejor de cada uno de ellos, y por hacer más ameno mi tiempo en la Universidad.

Por último, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, en especial a mis tíos Martha, Apolinar, Abraham y Juana, por quererme tanto y no dejarme nunca sola en los momentos difíciles.

GRACIAS A TODOS

ÍNDICE

	Página.
INDICE	
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1 TRIGO (<i>Triticum spp L.</i>)	1
2.1.1 Antecedentes	1
2.1.2 Especies de trigo, origen y citogenética	2
2.1.2.1 Clasificación	3
a. Clasificación de especies del género <i>Triticum</i>	3
b. Clasificación del trigo en función de la textura del endospermo	3
c. Clasificación en función de su dureza.	4
d. Clasificación en función de su fuerza	5
2.1.2.2 Clasificación taxonómica	5
2.1.3 Usos de los trigos	6
2.1.4 Estructura del grano de trigo	6
a. capa aleurónica	8
b. endospermo	8
c. embrión o germen	9
2.1.5 Composición química del trigo	9
2.1.6 Criterios de calidad de trigo	13
2.1.6.1 Características químicas	13
2.1.6.2 Características físicas	15

2.2	MOLIENDA DE TRIGO	18
2.2.1	Principios de la molienda	18
2.2.2	Acondicionamiento del trigo	19
2.2.3	Molienda	20
2.2.4	Maduración	21
2.3	HARINA	22
2.3.1	Composición de harina	22
2.3.1.1	Agua	23
2.3.1.2	Carbohidratos	23
2.3.1.3	Almidón	24
2.3.1.4	Lípidos	24
2.3.1.5	Cenizas	25
2.3.1.6	Proteína	25
2.3.2	Control de Calidad de la harina	26
2.3.2.1	Almidón dañado	26
2.3.2.2	Calidad fisicoquímica	29
a)	Ceniza	29
b)	Proteína	31
c)	Gluten	32
d)	Absorción de agua	33
2.3.2.3	Calidad reológica	34
a)	Farinográficos	34
b)	Alveográficos	38
2.3.2.4	Calidad enzimática	42
2.4	PAN	44
2.4.1	Estructura de pan	46

2.4.1.1	Miga	46
2.4.1.2	Corteza	46
2.4.2	Proceso productivo de pan	46
a.	Mezclado	46
b.	Amasado	47
c.	División y pesado	48
d.	Boleado y formado	49
e.	Fermentación	49
f.	Horneado	50
2.4.3	Evaluación Sensorial	51
2.4.3.1	Panel de evaluación sensorial	51
a.	Juez experto o profesional	52
b.	Juez entrenado o panelista	52
c.	Juez semientrenado o aficionado	53
d.	Juez consumidor no entrenado	53
2.4.3.2	Característica sensorial del Pan	54
a)	Aspecto externo	54
b)	Color exterior	54
c)	Tipo de corteza	54
d)	Color de miga	54
e)	textura	55
f)	Sabor	56
g)	Distribución alveolar	56
III. MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	LUGAR DE TRABAJO	57
3.2	MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS	58

3.2.1	Materia prima	58
3.2.2	Reactivos químicos	58
3.2.3	Insumos aditivos	58
3.2.4	Materiales de laboratorio	59
3.2.5	Equipos	59
3.3	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	60
3.3.1	Análisis fisicoquímicos del trigo	60
a.	Determinación de masa hectolítrica o densidad aparente (Ph)	60
b.	Determinación de masa de 1000 granos	61
c.	Determinación de humedad	61
d.	Determinación de ceniza	61
e.	Determinación de proteínas	61
f.	Índice de dureza del trigo	61
3.3.2	Obtención de harinas	62
3.3.2.1	Obtención de harina flor	62
a.	Seleccionar y limpieza	62
b.	Determinación de la humedad del grano	63
c.	Acondicionamiento	63
d.	Molienda	63
e.	Maduración	63
3.3.2.2	Obtención de harina integral	64
3.3.2.3	Determinación de almidón dañado	65
3.3.3	Caracterización de las harinas	65
3.3.3.1	Determinación de propiedades físicas y químicas	66

a. Determinación de la humedad	66
b. Determinación de ceniza	66
c. Determinación de gluten	66
d. Índice de gluten (gluten index)	67
e. Determinación de Índice de Caída (Falling number)	67
3.3.3.2 Determinación de propiedades reológicas	68
a. Farinográfica	68
b. Alveográfica	68
3.3.4 Pruebas de panificación	68
3.3.4.1 Método esponja para el proceso de elaboración del pan francés	70
3.3.4.2 Método directo para la elaboración del pan para hamburguesa	73
3.3.5 Evaluación de los productos terminados	76
3.3.5.1 Determinación de volumen específico	76
3.3.5.2 Evaluación sensorial	76
3.3.6 Diseño experimental	76
3.3.6.1 Evaluación fisicoquímica de la mezcla de harina	77
3.3.6.2 Evaluación reológica de la mezcla de harina	77
3.3.6.3 Evaluación fisicoquímico de los panes	77
3.3.6.4 Evaluación sensorial de los panes	78
3.3.6.5 Análisis estadístico	78
3.4 METODOLOGÍA DE PROCESO	79
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL TRIGO	81

4.2	OBTENCIÓN DE HARINA	83
4.3	ALMIDON DAÑADO	85
4.4	CARACTERIZACIÓN DE LAS HARINAS	86
4.4.1	Determinación de propiedades físicas y químicas	86
4.4.2	Determinación de propiedades reológicas	90
4.4.2.1	Análisis farinográficos	91
4.4.2.2	Análisis alveográficos	92
4.5	ANÁLISIS DE MEZCLAS DE HARINAS	96
4.5.1	Determinación de propiedades fisicoquímicas de las harinas compuestas	96
4.5.2	Determinación de propiedades reológicas	101
4.5.2.1	Farinograma de las harinas compuestas	101
4.5.2.2	Alveograma de las harinas compuestas	105
4.6	PRUEBAS DE PANIFICACIÓN	109
4.6.1	Absorción de agua	109
4.6.2	Tiempo de amasado	110
4.7	EVALUACIÓN DE LOS PRODUCTO TERMINADOS	111
4.7.1	Volumen específico	111
4.7.2	Evaluación sensorial	113
4.7.2.1	Color de Corteza	113
4.7.2.2	Textura de Corteza	114
4.7.2.3	Distribución de Álveos	115
4.7.2.4	Color de miga	116
4.7.2.5	Textura de miga	117
4.7.2.6	Sabor	118
4.7.2.7	Aceptabilidad	118

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfico 01: Dureza de trigos y productos	6
Gráfico 02: Cortes longitudinal y transversal de un grano de trigo	7
Gráfico 03: Diferencia de almidón dañado	28
Gráfico 04: Gráfica de tipo obtenida del farinógrafo	38
Gráfico 05: Gráfica de tipo obtenida del Alveógrafo	40
Gráfico 06: Proceso de Amasado	48
Gráfico 07: Proceso de División de la Masa	48
Gráfico 08: Boleado y formado de la masa	49
Gráfico 09: Proceso de Fermentación	50
Gráfico 10: Proceso de horneado	51
Gráfico 11: Diagrama de flujo del molido de trigo con Molino de Buhler	64
Gráfico 12: Diagrama de flujo del molido de trigo con Molino de Martillo	65
Gráfico 13: Diagrama de flujo de elaboración de pan francés	72
Gráfico 14: Diagrama de flujo de elaboración de pan Hamburguesa	75
Gráfico 15: Diseño experimental para determinar el nivel de sustitución de trigo INIA – 418 “El Nazareno”	80
Gráfico 16: Comparación de % de almidón dañado del trigo INIA – 418 según el tipo de molino	86
Gráfico 17: Contenido de ceniza (% s.s.) en las muestras de harinas	87
Gráfico 18: Contenido de proteínas (%) en las muestras de harinas	88
Gráfico 19: Resultados de INDEX (%) en las muestras de harinas	89
Gráfico 20: Resultados de Falling Number (seg) de las muestras de harinas	90
Gráfico 21: Comparación de estabilidad y desarrollo farinográfico de las muestras de harinas obtenidas	92

Gráfico 22: Comparación de tenacidad y extensibilidad alveográfico de las muestras de harinas obtenidas	94
Gráfico 23: Resultados de la relación P/L alveográfico de las muestras de harinas obtenidas	94
Gráfico 24: Resultados de la Fuerza (W) alveográfico de las muestras de harinas obtenidas	95
Gráfico 25: Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de Trigo INIA – 418 sobre la concentración de ceniza	97
Gráfico 26: Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de Trigo INIA - 418 sobre el contenido de gluten seco (%)	98
Gráfico 27: Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de Trigo INIA – 418 sobre la calidad de gluten (INDEX)	99
Gráfico 28: Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de Trigo INIA – 418 respecto a la Actividad Amilásica	100
Gráfico 29: Resultados farinograficos de la sustitución de harina comercial por harina N1	101
Gráfico 30: Resultados farinograficos de la sustitución de harina comercial por harina N2	102
Gráfico 31: Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de Trigo INIA – 418 sobre la absorción farinográfica	103
Gráfico 32: Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de trigo INIA – 418 con respecto al desarrollo farinográfico	104
Gráfico 33: Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de trigo INIA – 418 con respecto a la estabilidad farinográfico	105
Gráfico 34: Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de trigo INIA – 418 con respecto al equilibrio P/L	107

Gráfico 35: Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de trigo INIA – 418 con respecto a la fuerza (W)	108
Gráfico 36: Relación ceniza – W (Fuerza) en la harina compuesta de tipo N2	108
Gráfico 37: Volumen específico – pan francés	112
Gráfico 38: Volumen específico – pan hamburguesa	112

LISTA DE TABLAS

	Página.
Tabla 01: Composición Química de las diferentes partes del grano de trigo	10
Tabla 02: Requisitos de Peso Hectolítrico del Trigo	17
Tabla 03: Composición Química de la Harina	23
Tabla 04: Rango de Almidón Dañado	27
Tabla 05: Requisitos que deben Cumplir las Harinas según su Tipo	30
Tabla 06: Porcentaje de gluten recomendado para las harinas según el uso	32
Tabla 07: Contenido de gluten en la calidad de la harina	33
Tabla 08: Características farinográficas para las harinas panaderas.	36
Tabla 09: Valores de Tenacidad (P)	40
Tabla 10: Valores de Extensibilidad (L)	41
Tabla 11: Condiciones de Equilibrio (P/L)	41
Tabla 12: Valores de Equilibrio (P/L)	41
Tabla 13: Valores de Fuerza (W)	42
Tabla 14: Calidad de Gluten con respecto Valores de W	42
Tabla 15: Denominación de Faling number	43
Tabla 16: Rango de Índice de Caída (FallingNumber)	44
Tabla 17: Nivel de Sustitución de la harina comercial por harina de trigo (<i>Triticum aestivium</i> ssp) INIA – 418 “El Nazareno”	66
Tabla 18: Formulación de panes francés	69
Tabla 19: Formulación de panes para hamburguesa	69
Tabla 20: Análisis fisicoquímico comparativo del Trigo (<i>Triticum</i>	81

aestivium ssp) INIA-418 respecto al trigo importado y el
Trigo peruano

Tabla 21: Condiciones de Acondicionamiento del Trigo INIA - 418	84
Tabla 22: Rendimiento según el tipo de molienda	84
Tabla 23: Resultados de Almidón dañado según el tipo de molino	85
Tabla 24: Análisis fisicoquímico de las harinas obtenidas	86
Tabla 25: Análisis Farinográfico de las harinas obtenidas	91
Tabla 26: Análisis Alveográficos de las harinas obtenidas	93
Tabla 27: Análisis fisicoquímica de las Harinas compuestas	96
Tabla 28: Análisis Farinográfico de las Harinas compuestas	101
Tabla 29: Análisis Alveográfico de las Harinas compuesta	106
Tabla 30 Comparación de % de absorción de las muestras de panes	109
Tabla 31: Comparación del tiempo de amasado (min) de las muestras de panes	110
Tabla 32: Comparación de volúmenes específicos (ml/g) de las muestras de panes	111
Tabla 33 Análisis de varianza para el color de corteza del pan francés	113
Tabla 34 : Análisis de varianza para el color de corteza del pan para hamburguesa	113
Tabla 35: Análisis de varianza para la textura de corteza del pan francés	114
Tabla 36: Análisis de varianza para la textura de corteza del pan	114

para hamburguesa

Tabla 37: Análisis de varianza para la distribución de alveolos del pan francés	115
Tabla 38: Análisis de varianza para la distribución de alveolos del pan para hamburguesa	115
Tabla 39: Análisis de varianza para el color de miga del pan francés	116
Tabla 40: Análisis de varianza para el color de miga del pan para hamburguesa	116
Tabla 41: Análisis de varianza para la textura de miga del pan francés	117
Tabla 42: Análisis de varianza para la textura de miga del pan para hamburguesa	117
Tabla 43: Análisis de varianza para el sabor del pan francés	118
Tabla 44: Análisis de varianza para el sabor del pan para hamburguesa	118
Tabla 45: Análisis de varianza para la aceptabilidad del pan francés	119
Tabla 46: Análisis de varianza para la aceptabilidad del pan para hamburguesa	119

I. INTRODUCCIÓN

El trigo es un alimento básico en el Perú, forma parte de la dieta alimenticia diaria, principalmente como pan, galleta y fideos contribuyendo con almidones, proteínas, minerales y vitaminas necesarias para nuestra salud. En el Perú, la harina que se utiliza para productos de panificación se obtiene de trigo importado, ya que el trigo nacional no cumple con las características necesarias para elaborar estos productos.

Cabe precisar que desde el año 2006 el Ministerio de Agricultura viene realizando trabajos conjuntos con la Empresa Granotec Perú S.A. a fin de poder evaluar la calidad de cosecha del trigo peruano en las principales regiones productoras de este cereal, considerando que uno de los puntos claves para incrementar el uso del trigo peruano en la industria nacional es la "calidad del grano".

El instituto de Investigación Agraria de Ayacucho viene desarrollando el cultivo experimental de trigo harinero mejorando el rendimiento y su calidad, para

ser introducidos en el mercado, con el objetivo de disminuir la importación. La variedad INIA – 418 “El Nazareno” demostró según la investigación **“Evaluación de las propiedades reológicas de dos variedades de trigo (*Triticum aestivum L. ssp) Harinero”*** que tiene un alto contenido proteico y gluten cumple con los requerimientos para harina de panificación, por tanto tiene posibilidad de uso en la panificación mediante sustituciones en mezclas de harinas y aditivización.

Al respecto, esta investigación busca contribuir al aporte científico sobre el comportamiento reológico y en proceso, de las harinas compuestas Harina Comercial – Harina INIA 418 “El Nazareno” en la elaboración de panes. Consecuentemente, la metodología seguida contemplo la definición de variables y niveles de operación, con base en el análisis de la información tecnológica disponible; se utilizo dos tipos de molino (Buhler y Martillo) para la obtención de harinas N1 y N2, cuatro tipos de sustitución (25, 50, 75 y 100%) en la elaboración de dos tipos de pan (francés y hamburguesa) para determinar su influencia en el producto obtenido

En el estudio se realizaron análisis para determinar la calidad de una harina panificable, que incluyeron Farinograma, alveograma, falling number y fisicoquímicos, determinación de volumen específico, absorción de agua en el proceso y pruebas sensoriales de aceptación de los panes obtenidos, comparado siempre con los panes de harina comercial como Testigo.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el nivel de sustitución de harina de trigo comercial por harina de trigo (*Triticum aestivum ssp*) INIA – 418 “El Nazareno” para elaboración de panes francés y para hamburguesa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las características fisicoquímicas y reológicas de las harinas de trigo (*Triticum aestivum ssp*) INIA – 418 “El Nazareno”, obtenidas por dos tipos de molienda.
- Evaluar estadísticamente las características fisicoquímicas y reológicas de las harinas sustituidas.
- Realizar la evaluación de volumen específico y sensorial según el análisis estadística para determinar el grado de aceptación de los panes.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó la calidad tecnológica del trigo (*Triticum aestivum ssp*) INIA – 418 “El Nazareno”, para luego obtener dos tipos de harina, según el tipo de molienda: molino Bühler codificado como N1 y molino de martillo como N2, las cuales sustituyen a la harina comercial caracterizada como harina Fuerte y codificada como TI, a 25, 50, 75 y 100%, a estas harinas compuestas se evalúa sus propiedades físicas, químicas, reológicas y los ensayos de panificación las cuales se realizaron en base a las formulaciones típicas para pan francés y hamburguesa de un pan comercial.

En el análisis tecnológicos del Trigo se obtiene que el peso hectolítrico es de 76,57 calificado de Grado 2 y contenido de proteína 13,65% el cual es mayor que el contenido del trigo importado, característico del trigo peruano, indicando que el suelo Peruano tiene buenas características para producir trigos de alto contenido proteico.

En la obtención de las harinas se evalúa el % de almidón dañado donde la harina N1 obtenida del molino Bühler tiene 2% con respecto a la harina N2 con 5,37% de almidón dañado obtenido del molino de Martillo, el cual indica que este molino de martillo daña en mayor cantidad el almidón.

Se determino la calidad proteica INDEX, donde se obtiene que la harina N1 (86,38%), valor mayor con respecto a los trigos peruanos, y la harina N2 (72,97%).

Para determinar las propiedades reológicas se realizaron los siguientes análisis análisis: Farinográfico (Absorción, estabilidad y desarrollo Farinográfico) y alveográfico (Tenacidad, extensibilidad, Equilibrio P/L y Fuerza alveográfico). De los

resultados se obtienen que la harina flor (N1) caracteriza como harina de mediana fuerza y la harina integral (N2) es una harina floja. Conforme aumenta el nivel de sustitución de la harina comercial por harina de trigo INIA – 418 “El Nazareno”, la calidad panadera disminuye.

La determinación de Índice de caída para la harina N1 es (244s) y la harina N2 es (219s), lo que indica que las muestras presentan alta actividad enzimática.

Finalmente se realizaron las pruebas de panificación, determinando el volumen específico y análisis sensorial. Con respecto al volumen específico presento diferencia significativa, según la prueba de Duncan la harina N1 con 25% de sustitución presenta el mejor volumen para los panes francés y para hamburguesa. En cuanto a los análisis sensoriales evaluadas en el pan fueron: color y textura de corteza, distribución de alveolos, color y textura de miga, sabor y aceptabilidad del pan en general por tanto se conto con 15 panelistas semientrenados, para evaluar los panes francés y para hamburguesa.

En general la mejor aceptabilidad en el pan Francés fue la que se elaboró con la harina N1 al 100% y en pan para hamburguesa es la harina N1 al 25%, justificada por su buen color de corteza, textura de miga y volumen adecuado.

Del conjunto de resultados se concluyó que los panes francés elaborados con harina N1 al 50% de sustitución y en pan hamburguesa la harina N1 al 25% de sustitución, son buenas opciones para la panificación industrial.

II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 TRIGO (*Triticum spp L.*)

2.1.1 ANTECEDENTES

La historia del grano de trigo está estrechamente ligada a la historia de la humanidad. Desde la antigüedad, el trigo es la base de la alimentación debido a su alto valor nutritivo. Hace 3 millones de años, el hombre era nómada, practicaba la caza y la agricultura para asegurar su alimentación. Poco a poco el nomadismo desaparece y se establece el sedentarismo que permite el cultivo de cereales **(Panera, 2010 – 18)**.

Las especies actualmente más difundidas en el mundo: el trigo pan (*triticum aestivum*) y el trigo para fideo (*triticum durum*), son relativamente nuevas en comparación con la extraordinaria antigüedad de las especies progenitoras. Las referencias de las antiguas civilizaciones corresponden a formas primitivas del género *triticum*. En el período paleolítico no se han encontrado rastros de este cereal, pero en el neolítico (10.000 - 2.500 años A.C.), en muchas partes de Asia

Menor y Europa Central se hallaron restos de espigas y granos de distintas especies mezcladas **(Gambarotta, 2005)**.

En el periodo neolítico (8000 a. C.) el trigo fue un producto de recolección, consumido crudo o cocinado. El año 3000 a. C. se ven los primeros procedimientos de panificación en Egipto: esos fueron los primeros panes de trigo. El hombre es capaz de producir así su propia comida. Al mismo tiempo que adquiere auto-suficiencia alimentaria y aparecen los primeros intercambios comerciales. Enseguida las técnicas de panificación se mejoran gracias a los hebreos, Griegos y finalmente son los romanos los que van a extender su uso en toda Europa. Es así como se da en formas diversas (pan, cous cous, bizcochos, sémola, pasta...) el trigo será el alimento base y esencial de la civilización occidental. Como referencia histórica sobre la introducción del trigo al continente americano, se sabe que en el segundo viaje de Colón en septiembre de 1493, la tripulación fue provista de trigo procedente de Xeres para elaborar bizcochos (galleta marinera) y que buena parte de esta semilla pudo haber sido sembrada en América, **(Panera, 2010 – 18)**.

2.1.2 ESPECIES DE TRIGO, ORIGEN Y CITOGENÉTICA

El origen citogenético del trigo constituye un claro exponente de cómo ha evolucionado desde sus primeras formas del tipo *Triticum monococcum* y *Triticum dicoccum*, que eran recogidas por el hombre hace más de 10.000 años. Estos trigos tenían espigas muy frágiles, que al madurar no se sostenían, sino que caían al suelo y sus granos, que estaban vestidos, se dispersaban. Siglos más tarde, se produjo el tránsito de la variedad silvestre a la forma cultivada, **(Callejo, 2002)**.

Las especies pertenecientes al género *Triticum* se dividen según sus juegos cromosómicos en Diploides ($2n=14$), Tetraploides ($2n=28$), y Hexaploides ($2n=42$) (Callejo, 2002).

2.1.2.1 Clasificación

Kent, (1974) citado por Ferreras, (2008) clasifica de la siguiente forma:

a. Clasificación de especies del género *Triticum*

La mayoría de las variedades cultivadas pertenecen a las especies:

- *Triticum durum*.- Trigo duro, cristalino, de color ámbar y rojo, utilizando para la fabricación de pastas alimenticias. Sus orígenes se establecen en Abisinia y Oriente Próximo y su área de desarrollo en los países mediterráneos del medio este, sudeste de Europa, Sudáfrica, Norteamérica y Argentina.
- *Triticum aestivum*.- Trigo “harino-panadero” destinado, prácticamente en su totalidad, al consumo humano. Ha sido y sigue siendo objeto de innumerables investigaciones en el mundo entero para mejorar tanto sus rendimientos, en zonas áridas o fértiles, como su calidad panadera. Su origen se cree en Oriente Medio y sus áreas de máximo desarrollo son Europa, Asia, África y América.

b. Clasificación del trigo en función de la textura del endospermo

La característica de vitreosidad y harinosidad depende de la microestructura del endospermo. Un trigo vítreo es aquel que tiene una estructura cristalina

transparente mientras que uno harinoso posee estructura blanquecina, yesosa. Esta propiedad se asocia al contenido en proteína.

- Los trigos harinosos, aparecen en mayor proporción en años lluviosos o en trigos que proceden de suelos arenosos y ligeros, tienen menos contenido en proteína y se asocian con mayor rendimiento.
- Los trigos vítreos aparecen con mayor proporción en suelos sometidos a abonos nitrogenados.

Está legislado el porcentaje de trigo vítreo y harinoso que debe existir en el trigo que va a ser sometido a molturación para la obtención de harina.

c. Clasificación en función de su dureza.

La dureza “física” de los granos se define como la resistencia al aplastamiento, a la fragmentación o reducción. Es una característica molinera.

- Trigos duros: la manera de fragmentarse el endospermo tiende a producirse siguiendo las líneas que limitan las células; producen harina gruesa, arenosa fluida, y fácil de cerner, compuestos por partículas de forma regular, muchas de las cuales son células enteras de endospermo. Los vítreos tienden a ser duros y fuertes.
- Trigos blandos: la fragmentación es de forma imprevista, al azar; producen harina muy fina compuesta por fragmentos irregulares de células de endospermo, se cierne con dificultad.

d. Clasificación en función de su fuerza

Hace referencia a características panaderas.

- Trigos fuertes: poseen elevado contenido en proteínas (de elevada calidad para panadería) y es capaz de dar panes de gran volumen con miga de estructura adecuada.
- Trigos flojos: se caracterizan por su bajo contenido en proteínas. Son capaces de dar panes de poco volumen, siendo más aptas para galletería.

2.1.2.2 Clasificación taxonómica

Según **Calaveras (1996)** la descripción botánica es la siguiente:

- **Reino:** Eucariontes (Vegetales): Célula con membrana nuclear.
- **Subreino:** Cosmofitas: Vegetales con tejidos conductores diferenciados
- **División:** Espermafitas o Fanerógamas: Planta con semilla y flor.
- **Subdivisión:** Angiospermas: Los óvulos están en el interior del pistilo
- **Clase:** Monocotiledóneas: Su principal características es la presencia en su semilla de un solo cotiledón.
- **Orden:** Glumiforas
- **Familia:** Gramíneas
- **Género:** *Triticum*
- **Especie:** *Triticum aestivum*

Triticum durum

Triticum compacto

2.1.3 USOS DE LOS TRIGOS

Martínez (2004) señala que la masa producida con harina de trigo panadero se diferencian de aquellas hechas con harinas de otros cereales en sus propiedades visco-elásticas. Esta propiedad es responsable del uso universal de trigo para una gran variedad de productos. Entre estos están el pan, fideos, cakes, bizcochos, galletas, etc. Citando a **Moss (1977)** resumió los requerimientos para el balance de dureza de grano y contenido de proteína para varios productos como se aprecia a continuación:

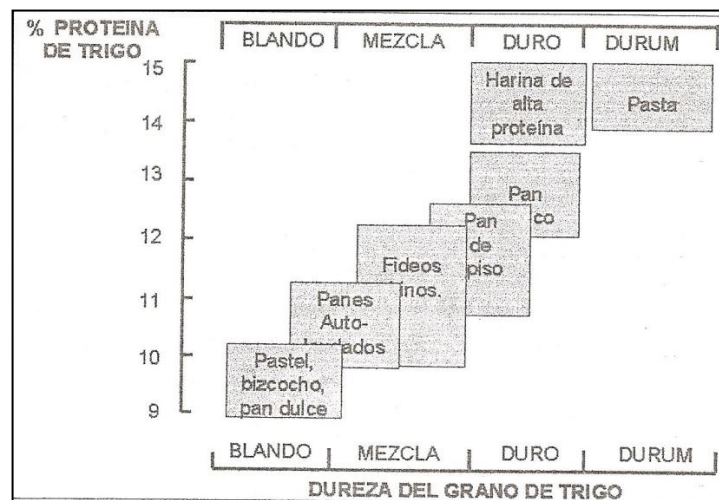


Gráfico 01

Dureza de trigos y productos

2.1.4 ESTRUCTURA DEL GRANO DE TRIGO

Los miembros de la familia gramíneas que producen granos de cereal, generan frutos secos con una sola semilla. Este tipo de frutos es una cariósipide que vulgarmente se denomina grano. Está formado por una semilla cubierta por el pericarpio (vulgarmente denominado salvado) que se encuentra fuertemente adherido (**Gambarotta, 2005**).

La cariósipide está formada por una cubierta del fruto o pericarpio que envuelve y protege a la semilla y se adhiere profundamente a la cubierta de esta. La semilla está constituida por el embrión o germen y el endospermo, los cuales se hallan encerrados dentro de una epidermis nuclear sobre la cual se sitúa la cubierta de la semilla. Los granos de trigo se desarrollan en el interior de las cubiertas florales, llamadas glumas y que son en realidad hojas modificadas. El trigo pertenece al grupo de los llamados cereales desnudos ya que el grano se desprende con facilidad de las glumas en la trilla pasando a formar parte de la paja (**Ferreras, 2008**).

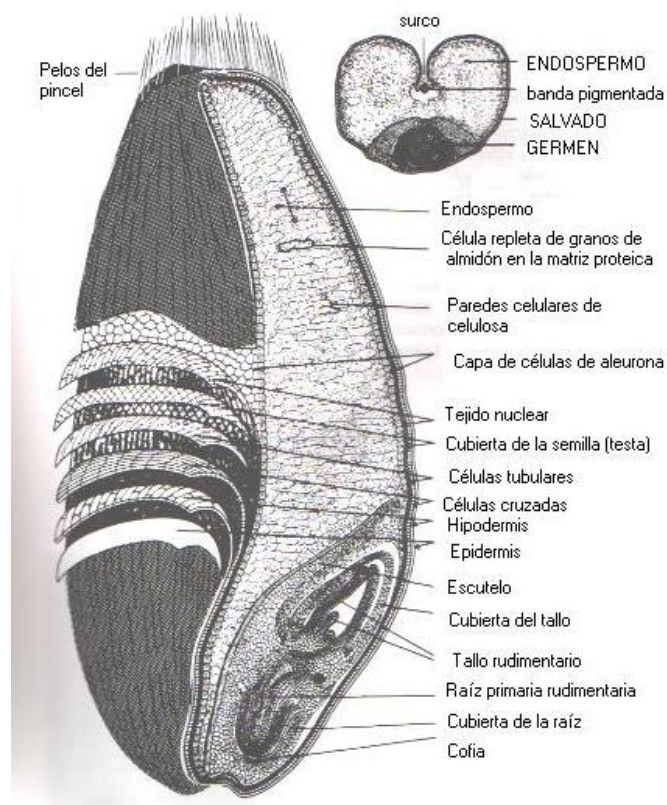


Gráfico 02

Cortes longitudinal y transversal de un grano de trigo/ HOSENEY (1991).

El trigo consta de las siguientes partes:

a. CAPA ALEURÓNICA

La capa de aleurona, rodea el grano por completo, incluyendo el endospermo feculento y el germen. Desde el punto de vista botánico, es la capa exterior del endospermo. Sin embargo, se elimina durante la molienda, junto con la epidermis nuclear, la cubierta de la semilla y el pericarpio, constituyendo lo que el molinero llama salvado (**Hoseney, 1991**).

La capa de aleurona es relativamente rica en cenizas, proteínas, fósforo total y fósforo de fitatos, grasa y niacina. Además, la aleurona es más rica en tiamina y riboflavina, que otras partes del salvado, y su actividad enzimática es alta. Por encima del embrión, se modifican las células de aleurona convirtiéndose en células de pared delgada y puede no contener granos de aleurona. El espesor de la capa de aleurona sobre el embrión, promedia unos 13 μm , o sea menos de la tercera parte del espesor que presenta en las otras partes (**Dendy y Dobraszczyk, 2004**).

b. ENDOSPERMO

El pericarpio rodea toda la semilla y está constituido por varias capas. El pericarpio exterior es lo que los molineros llaman beeswing (alas de abeja). El pericarpio interior está formado por células intermedias, células cruzadas y células tubulares. El pericarpio comprende el 5% del grano, y está formado aproximadamente por un 6% de proteínas, un 2% de cenizas, un 20% de celulosa y 0.5% de grasa, completando el resto presuntos pentosanos (**Hoseney ,1991**).

Es la parte central de la cual se obtiene la harina. Las paredes celulares, del endospermo, están formadas por pentosanas, otras hemicelulosas y β -glucanas, pero no por celulosa. El espesor de las paredes celulares varía con la posición en el grano; son más gruesas cerca de la aleurona. También varía por las diferentes variedades y según los tipos de trigo duro o blando (**Hoseney, 1991**). Según **Hoseney (1991)** los trigos duros o trigo para pan se han seleccionado por su alta capacidad para absorción de agua. Mientras que para la selección de harina de trigo blando se buscan variedades de baja absorción de agua y paredes celulares delgadas.

c. EMBRIÓN O GERMEN

Es la parte reproductora del grano. El embrión es rico en proteínas y aceites. Contienen también vitamina B (**Dendy y Dobraszczyk, 2004**).

El germen de trigo abarca el 2,5 – 3,5 % del grano, está constituido por dos partes principales: el eje embrionario (raíz y tallo rudimentarios) y el esculeto que tiene el papel de almacén. El germen es relativamente rico en proteína (25%), azúcar (18%), aceite (16% del eje embrionario y 32% del esculeto es aceite) y cenizas (5%). No contiene almidón, pero es bastante rico en vitamina B además de muchas enzimas. El germen es muy rico en vitamina E (tocoferol total), con cifras que llegan a 500 ppm. Los azúcares son principalmente, sacarosa y rafinosa (**Calaveras, 1996**).

2.1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TRIGO

En la Tabla 01, aparece la composición química de las diferentes partes del grano de trigo y del total de las mismas.

Tabla 01
Composición Química de las diferentes partes del grano de trigo

Parte del grano (% de la masa del grano)	Proteínas	Materias minerales	Lípidos	Celulosa	Hemicelulosas	Almidón
Pericarpio (4%)	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Tegumento seminal (1%)	15-20	10-15	3-5	30-35	25-30	0
Epidermis nucelar envuelta proteica (7-9%)	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Germen (3%)	35-40	5-6	15	1	20	20
Endospermo (82-85%)	8-13	0,35-0,60	1	0,3	0,5-3,0	70-85
GRANO ENTERO (100%)	10-14	1,6-2,1	1,5-2,5	2-3	5-8	60-70

FUENTE: Ferreras (2008)

Como se puede apreciar, materia celulósica y hemicelulósica están casi ausentes en la parte central del endospermo, mientras que el almidón no aparece en los tejidos externos. Las proteínas se encuentran en elevada proporción en la zona comprendida entre el tegumento seminal y la capa de aleurona. El contenido en lípidos es elevado en el germen (15%) y un poco más débil en las cubiertas externas de la semilla (7 – 8%). Las vitaminas en baja proporción, se encuentran principalmente en la zona situada entre el tegumento seminal y el germen **(Dendy y Dobraszczyk, 2004)**.

Humedad

La humedad del grano representa un índice comercial importante ya que influyen en el peso específico del grano, aun cuando no influye en el rendimiento molinero si influye en la conservación de la harina y sus características tecnológicas **(Quaglia, 1991)**.

Carbohidratos

Del peso de la carióspside del trigo el 72% está constituido por carbohidratos, a su vez formados por el 60 – 68% del almidón, el 6,5% de pentosas, el 2% al 2.5% de celulosa y el 1.5% de azúcares reductores. El grano de trigo es rico el almidón, y desde el punto de vista tecnológico es el componente glúcido más importante y esto se debe a la capacidad de absorber agua **(Quaglia, 1991)**.

Los gránulos de almidón están formados por dos tipos de moléculas lineales (amilasa) y ramificadas (amilopectina). La propiedad reológicas del almidón depende del grado de maduración del grano en el momento de la cosecha; con el almidón del grano maduro se puede obtener un par de mayor volumen **(Quaglia, 1991)**.

Los azúcares reductores también tienen gran importancia tecnológica dado que estas sustancias son las que permiten la fermentación de la masa con producción de gas **(Quaglia, 1991)**.

Proteína

El contenido proteico del grano de trigo oscila de un mínimo de 7% y un máximo de 18% con valores medios entre 10-13%. Se puede ver mediante un fraccionamiento basado en la solubilidad en agua la presencia de cuatro tipos de proteínas, dos son solubles en solución salina diluida: la albúmina, la leucosina, con un contenido proteico del 12% y una globulina con el 4%: las otras dos son insolubles en agua, la prolamina, la gliadina con 44% y la glutelina, la glutenina con el 40%. Tiene gran importancia tecnológica las dos fracciones insolubles en agua, ya que al ponerlas en contacto con el agua se unen intermolecularmente, formando así el gluten, esta es la sustancia que proporciona resistencia y

elasticidad a la masa que se forma a partir de la harina de trigo y del agua **(Quaglia, 1991)**.

Los trigos de baja proteína disponible son mezclados con trigo de alta proteína (13.5% o más) con el fin de obtener mezclas óptimas para la molienda **(Matínez, 2004)**

Lípidos

Estos están solo en pequeños porcentajes en la composición química del trigo (1.5 – 2%) y se localizan principalmente en el germen. Los más importantes son lo glicéridos, los fosfolípidos y los esteroides; el germen es rico en tocoferol que comúnmente se le conoce como vitamina E. en la composición de ácidos grasos de los glicéridos, destacan los ácidos grasos insaturados, como lo es el ácido oleico y el linoleico **(Quaglia, 1991)**.

En los últimos años algunas investigaciones han dado a conocer la importancia de los lípidos en el proceso tecnológico de transformación, y en la conservación del producto final, esto se debe a la propiedad tensoactiva de las grasas y a su capacidad de reacción con las proteínas **(Quaglia, 1991)**.

Vitaminas

El trigo contiene cierta cantidad de vitaminas tales como la tiamina (B), la niacina, el ácido fólico, ácido pantoténico, la biotina, la colina, el inositol, los tocoferoles y la xantofila; pero no contiene vitaminas como C y D **(Quaglia, 1991)**.

Su distribución en la carióspside no es homogénea ya que se localiza la mayoría en la capa externa, por lo que se encuentra en gran parte en el producto de desecho de molienda **(Quaglia, 1991)**.

Enzimas

Las enzimas se definen como catalizadores biológicas ya que participan en el desarrollo de reacciones de naturaleza bioquímica. La enzima más importante de trigo es la diastasa la cual está presente en el embrión del grano. La diastasa se compone de alfa-amilasa y de beta-amilasa las cuales ejercen su acción en dos tiempos sobre el almidón, primero es licuado y después se transformara en dextrina y maltosa. La amilasa tiene importancia tecnológica. Ya que produce azúcares reductores los cuales permiten la fermentación **(Quaglia, 1991)**.

Minerales

Gran parte de las sustancias inorgánicas del trigo se encuentran en el salvado y su cantidad entre 1.5 y 2%. Algunos de los elementos inorgánicos presentes son el fósforo, potasio, calcio, azufre, hierro y el calcio. El contenido en minerales es muy variable y depende de algunos factores tales como la variedad, el tipo de terreno, la fertilización y el clima **(Quaglia, 1991)**.

2.1.6 CRITERIOS DE CALIDAD DEL TRIGO

2.1.6.1 Características Químicas

Contenido de humedad

El contenido de humedad es importante para determinar el valor comercial del trigo y tiene importancia económica directa por que es inversamente relacionado

a la cantidad de materia seca en el trigo. Es significativo el efecto de la humedad en el mantenimiento de la calidad del trigo, un trigo seco puede mantener su calidad por años almacenado apropiadamente, pero el trigo con más de 14% de humedad puede deteriorarse en poco tiempo **(Martínez, 2004)**; la humedad es un dato que se utilizará para el posterior acondicionamiento el trigo para su molturación **(Ortiz, 2000)**.

Contenido y calidad de proteína

El contenido de proteína en el trigo varía, dependiendo de la variedad y de las condiciones ambientales durante el crecimiento. La proteína de la harina de trigo es la única que hidrata y sujeta a mezclado formando el gluten indispensable para la panificación por su propiedad visco-elástica. Para producir tal harina el trigo debe contener al menos de 11% de proteína por que se pierde en el salvado 1% **(Dendy y Dobraszczyk, 2004)**.

La calidad y la cantidad de proteína de trigo dependen de factor hereditario y del medio ambiente. Los trigos de baja proteína disponible son mezclados con trigo de altas proteínas (13.5 % a más) con el fin de obtener óptimas para la molienda **(Martínez, 2004)**.

Calidad de gluten

Los trigos de similar contenido total de proteína producen harinas que pueden tener diferentes comportamiento en la panificación y en muchas instancias éstas diferencias son atribuibles a la diferencia cualitativa en las proteínas de gluten. El gluten forma la pared celular de la miga del pan y le da la textura deseada **(Martínez, 2004)**.

Actividad Amilásica

La actividad amilásica es determinada por el método Falling Number o índice de caída, tanto en trigo molido como en la harina proveniente de ese trigo. Esta medida nos indica la actividad de la enzima α -amilasa, y por tanto su capacidad para degradar el almidón. Y nos indica si el trigo está germinado o en vía de germinación **(Ortiz, 2000)** tales granos producen harina cuyos panes tienen bajo volumen y pobre textura; pequeñas cantidades de harina de trigo germinado son mezcladas con harina de trigo de baja actividad Amilásica para llevar ésta a un nivel óptimo de fermentación de masa para pan **(Martínez, 2004)**.

Ceniza

Los contenidos de ceniza en trigo se relacionan directamente con la cantidad de cáscara en el trigo y tiene relación inversa en el rendimiento de harina. Los granos pequeños y arrugados tienen más cascara y por consiguiente más ceniza que los granos gordos y en consecuencia rinden menos harina. Los trigos normalmente contienen de 1,4 a 2,0% de ceniza calculados a 14% de humedad **(Martínez, 2004)**.

2.1.6.2 Características físicas

Peso por unidad de volumen

Es un criterio de calidad ampliamente usado, es expresado en kilogramos por hectolitro y se le llama peso hectolitro. Es un índice aproximado del rendimiento molinero. Según **Ortiz (2000)** el peso hectolitro es una medida de densidad corresponde al peso que tiene el trigo en mismo volumen de $\frac{1}{4}$ de litro. A peso hectolitro alto el rendimiento de la molienda es elevado. Peso hectolitro bajo implica rendimiento bajo **(Martínez, 2004)**.

Es uno de los criterios más ampliamente usados para determinar la calidad del trigo. Esta prueba da una idea del contenido de humedad, porcentaje de impurezas y rendimiento en potencia de harina de trigo. Cuanto mayor es este valor, mejor es el rendimiento de la molienda.

El Peso hectolítrico se ve afectado por:

- La gravedad específica individual de los granos (trigos con una gravedad específica alta tienen también un peso hectolítrico alto).
- Contenido de humedad: La presencia de agua hace que los granos se hinchen, reduciendo de esta forma la cantidad de granos que pueden entrar dentro del cilindro de ensayo. Cuanto más humedad tenga el grano más bajo va a ser el peso hectolítrico (el agua posee una gravedad específica más baja que la del grano).
- Forma del grano: Cuanto más espacios existan entre los granos, menor será el peso hectolítrico.
- Espesor de la corteza: La gravedad específica de la corteza o afrecho es aproximadamente 1,2 comparado con 1,5 del endospermo. Por lo tanto, cuanto más gruesa es la corteza o cáscara del grano más bajo será el peso hectolítrico.
- Porcentaje de impurezas: Muchas impurezas pequeñas y livianas disminuyen el peso hectolítrico, dado que éstas impiden que el trigo sea agrupado en forma compacta (**Gambarotta, 2005**).

Para trigos de gluten fuerte se da un valor aproximado de 80 Kg/hl y para trigos de gluten débil se tiene un valor de 78 Kg/hl (**Ibáñez, 1985**).

Tabla 02
Requisitos de Peso Hectolítrico del Trigo

GRADO	Masa hectolítrica (mínima)
1	78
2	73
3	68

Fuente: INTINTEC 205.009 (1981)

Peso de 1000 granos

El peso de 1000 granos de trigo expresado en gramos, es una función del tamaño y densidad del grano, considerando que granos grandes y densos tiene una mayor relación de endospermo a componente no-endospermo que lo más pequeño y menos denso. Por ellos los trigos de más peso de 1000 granos son preferidos **(Martínez, 2004)**.

Dureza

La dureza está relacionada con la resistencia mecánica a la rotura. La dureza depende del tipo de proteínas del grano. A mayor dureza se necesita mayor energía para la molienda. Estos ensayos se realizan para estimar la energía necesaria para la molienda **(Gambarotta, 2005)**.

Esta "dureza" se puede modificar parcialmente la hora de preparar el trigo. Se presta especial atención al acondicionamiento de humedad del trigo y el tiempo de acondicionamiento **Willm (1977) citado por Ferreras (2008)**.

La textura de grano influencia el procesamiento de los granos y la calidad de panificación de la harina. Según **Peña (2002)** tanto el tiempo de molienda como la energía consumida para obtener harina y la cantidad de almidón dañado, son mayores durante la molienda de trigos con endospermo duro que en la de trigo de endospermo blando.

2.2 MOLIENDA DE TRIGO

2.2.1 PRINCIPIOS DE LA MOLIENDA

El objetivo de una fábrica piloto de laboratorio para producir una harina similar a la harina producida en un molino industrial tanto desde el punto bioquímico y funcional de vista. Lo más importante es que la harina de laboratorio producida es representativa de la harina flor original, en cuanto a características tales como proteínas, cenizas, las enzimas, los daños almidón, etc. Es necesario para obtener la harina, los dos tipos de daños (grietas y rotura) mientras se utiliza un piloto de laboratorio molino. Con esto en mente, una fábrica piloto de laboratorio debe estar equipado con dos rollos ranurados y suaves (**Chopin, 2002**).

La fabricación de harina a partir del trigo requiere de un proceso en el cual intervienen muchas etapas de molienda y tamizado. La eficiencia de la molienda de harina depende de la efectividad del acondicionamiento o templado del trigo y también del flujo adecuado en materiales a través del molino. Cuando se muele trigo que se ha acondicionado en forma adecuada, el grano endurecido y el germen se desprende en trozos relativamente grandes y las partículas molidas del endospermo pueden separarse con facilidad de ellos (**Desrosier, 1998**).

El molino de Bühler, es un molino de laboratorio que muele pequeñas cantidades de trigo para obtener muestras de harina para pequeñas cantidades de trigo muestras de harina para pruebas. Estas muestras son parecidas a las obtenidas por un molino comercial. El molino Bühler tiene tres pasajes de trituración y tres de reducción, los cuales dan un total de seis clases de harina que se pueden mezclar para efectuar las diferentes pruebas **(Ibáñez, 1985)**.

2.2.2 ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO

En la molienda se rompe el endospermo, que separa selectivamente la red de proteína y los gránulos de almidón pero el templado del grano mediante la humedad antes de la molienda favorece un mejor desprendimiento de la proteína de los gránulos de almidón durante este proceso de molienda, **(Desrosier, 1998)**.

El acondicionado es la preparación física del grano, de manera que se facilite su posterior molienda aumentando uniformemente su humedad (mediante adición de agua seguida de un periodo de reposo), para mejorar su comportamiento tecnológico en la molienda. El acondicionado se realiza por los siguientes motivos:

- Hacer las capas envolventes más flexibles y resistentes
- Facilitar la separación del parénquima y de las capas envolventes
- Aumentar la superficie del grano, para una mejor trituración, ya que al absorber agua, el grano se hincha aumentando su volumen.
- Aumento de la extracción.
- Distribución uniforme del agua en la superficie del grano **(Ferrerías, 2008)**.

El acondicionamiento es una etapa crítica en el proceso de la molienda. Hay que añadir agua al grano hasta alcanzar un nivel predeterminado y dejarlo entonces reposar durante 24 h. El propósito de acondicionamiento es facilitar la separación de las capas de salvado del endospermo. Al mantener las capas de salvado húmedas, se separaran más fácilmente y permanecerán en fragmentos de mayor tamaño, facilitando su separación del endospermo en el resto del equipo de molienda. El trigo mal acondicionado tiene como consecuencia la ruptura de las capas del salvado en pequeñas piezas, difíciles de eliminar. Además, la harina obtenida tendrá una apariencia moteada y contribuirá a un aumento en la cifra del grado de color o en el contenido de cenizas y, posiblemente, a un grado de extracción más bajo (**Stanley et al., 2002**).

Según **Hoseney (1991)** durante el procesamiento de los granos en el molino, la textura afecta el tiempo utilizado en el proceso de acondicionamiento de los granos (adición de agua para ablandar el endospermo y poner correoso el salvado). De esta forma, los trigos duros son acondicionados al 16% de humedad y los trigos blandos al 15%, por lo que los trigos duros requieren mayor tiempo.

2.2.3 MOLIENDA

Ibáñez (1985) menciona que el proceso de molienda consiste en la separación del salvado y el germen del endospermo para producir la harina, para lograr esto, el grano se pasa por una serie de rodillos hasta quedar convertido en harina. Los procesos básicos para obtener la harina son las siguientes:

- i. Trituración: fragmentación del grano; la primera parte del proceso de molienda se lleva a cabo en rodillos corrugados (rodillos de rompimiento

de rotura), generalmente 24 – 30 pulgadas de longitud y 9 pulgadas de diámetro.

- ii. Tamización: separación de partículas en diferentes fracciones según su tamaño.
- iii. Reducción: las partículas de endospermo puro se reducen para formar el producto final que es la harina. Los espacios entre los rodillos son cuidadosamente ajustados de acuerdo a la granulación del grano a moler.
- iv. Purificación: por medio de cernido en tamices, la harina de primera pasa a través de una malla de N°10XX.

La harina blanca presenta una tasa de extracción de 60-70 %, la cual es la harina refinada de uso común.

2.2.4 MADURACIÓN

Si la harina se conserva en un ambiente adecuado las enzimas comienzan atacar a los componentes del trigo; la alfa y la beta amilasa, que en el trigo no están en condiciones de atacar al almidón, después de la molturación inician las transformaciones de los gránulos del almidón degradándolos, produciendo maltosa y dextrina, la proteasas actúan sobre las proteínas simplificando estas moléculas a péptido y aminoácidos. En este proceso se forman sustancias aptas como nutrientes de utilización inmediata para las levaduras que se añaden a la masa del pan (**Quaglia, 1991**).

Al madurar el trigo con el tiempo, aparece la causa de oxidación del sulfidrilo y otros grupos reductores en el endospermo, los panaderos aprende por

experiencia que la harina añeja se trabaja mejor en el horneado que la harina “verde” o molida recientemente, y que producen productos de calidad superior **(Desrosier, 1998)**.

La maduración natural, relacionada directamente con la oxidación natural de la harina, influye en la fuerza de la masa, mientras que una adecuada maduración será más equilibrada. Por ello siempre se recomienda que las harinas maduren de dos a tres semanas antes de utilizarlas en panificación **(Panera, 2010 – 22)**.

2.3 HARINA

La harina de trigo es única entre las harinas de cereales por su capacidad para retener el gas producido durante el procesado y durante la cocción y por tanto de formar la estructura esponjada típica que conocemos del pan. Está ampliamente admitido que esta capacidad se debe fundamentalmente a las proteínas del gluten de la harina de trigo. Aunque otros cereales contienen proteínas muy similares al gluten su capacidad de retención de los gases es limitada **(Scade, 1981 citado por Ferreras, 2008)**.

2.3.1 COMPOSICIÓN DE HARINA

La calidad de panificación para la mayoría de panes tiende a bajar cuando el grado de extracción excede del 80%, pues el volumen del pan disminuye, la textura y estructura de la miga es también mucho más oscura **(Calaveras, 1996)**.

Tabla 03
Composición Química de la Harina

Componente	Harina 100% extracción	Harina 75% extracción
Proteínas	12-13,5%	8-11%
Lípidos	2,2%	1-2%
Almidón	67%	71%
Cenizas (materia mineral)	1,5%	0,55-0,65%
Vitaminas (B y E)	0,12%	0,03%
Humedad	13-15%	13-15%
Fibra (salvado)	11%	3%
Azúcares	2-3%	1,5-2,5%

FUENTE: Calaveras (1996).

2.3.1.1 Agua

En las harinas también es muy importante el grado de humedad que tenga, la legislación indica que no debe exceder el 15%, en el momento del envasado el rango es de 13 al 14,5%, debido al carácter higroscópico de la harina; la variación de la humedad con el tiempo es normal. La humedad que se consigue en la harina está muy relacionada con el acondicionamiento **(Ortiz, 2000)**.

2.3.1.2 Carbohidratos

Calaveras (2004) citado por Pillaca (2009) señalan que entre los polisacáridos más importantes son la maltosa y la sacarosa. Porque las enzima actúan sobre estos azúcares para desdoblarlas a azúcares elementales que tiene acceso la levadura, otro azúcar es la dextrina que tiene muy pequeña proporción (0,2 – 0,3%) y que es en cierta medida responsable del brillo de la corteza; la propiedad de los pentosanos es de absorber agua y la viscosidad influyen en el comportamiento viscoelástico de la masa.

Los pentosanos o xilanos constituyen algo más de 3% del total de polisacáridos presentes en las harinas de trigo. Estos polisacáridos tienen la capacidad de absorber agua en cantidades superiores a su propio peso (10 veces su peso), se ha demostrado que más del 20% del agua en la masa de harina de trigo está asociada con los pentosanos. Son uno de los principales componentes de la fibra dietética y su contenido afecta de gran manera las propiedades reológicas de la masa de harina de trigo (participan en las reacciones de oxidación en presencia de un agente oxidante) y las características de los productos panificables **(Panera, 2008 – 15)**.

2.3.1.3 Almidón

El almidón representa 67-68% de trigo de grano entero y entre 78-82% de la harina producida después de la molienda. Compuesto de amilosa (26-28%) y amilopectina (72-74%), el almidón es el principal polisacárido de reserva de plantas superiores **(Feillet, 2000 citado por Ferreras, 2008)**.

El componente mayoritario que contiene la harina es el almidón (70 – 80%) que, sin embargo parece que tiene un papel secundario en la formación de la masa ya que crea enlaces electrostáticos con el gluten creando una red homogénea **(Quaglia, 1991)**.

2.3.1.4 Lípidos

La harina de trigo contiene aproximadamente 0,8% de lípidos libres y aproximadamente 1,0% lípidos unidos, según análisis típicos. Los lípidos mejoran las harinas de baja resistencia, mejoran el desarrollo de la masa y

mejoran la retención de la frescura en los productos de horneado (**Stanley et al., 2002**).

2.3.1.5 Cenizas

Las cenizas de la harina están formadas principalmente por potasio, sodio, calcio y magnesio procedentes básicamente de las capas externas del grano de trigo (**Calaveras, 1996**).

La ceniza procede de la parte exterior del grano, que se incorpora a la harina, según sea el grado de extracción (**Ortiz, 2000**).

Cuanto mayor es la extracción mayor es la concentración de ceniza obteniendo las siguientes variables: el color de la harina tiende a oscurecerse, aumentan los índices de: fibra, ceniza, grasa, proteína y contenido en ácido fítico; disminuye el período de conservación de la harina, (**Quaglia, 1991**).

La tasa de extracción de harina, es decir, la cantidad de harina que se obtiene de la molienda de una cierta cantidad de trigo, es factor determinante de su color. Como consecuencia, los panes elaborados con harinas oscuras, como las integrales, tienen colores de corteza y miga más oscuras. Otras características de la harina, como la granulometría, o el grado de almidón dañado, o el contenido en amilasas, contribuyen también a la coloración del producto (**Tejero, 2002**).

2.3.1.6 Proteína

El contenido de proteína en los trigos varía, dependiendo de la variedad y de las condiciones ambientales durante el crecimiento. Abundante lluvia durante el

periodo de desarrollo del grano resulta bajo contenido de proteína, mientras que condiciones secas durante ese periodo favorece a un alto contenido de proteína. La proteína de la harina de trigo es la única que hidratada y sujeta a mezclado forma el gluten indispensable para la panificación por su propiedad visco-elástica. Para la producción de pan fermentado con levadura es preferida harina con más de 10% de proteína. Para producir tal harina el trigo debe contener al menos 11% de proteína porque alrededor de 1% se pierde en el salvado **(Martínez, 2008)**.

2.3.2 CONTROL DE CALIDAD DE HARINA

2.3.2.1 Almidón dañado

Durante la molienda, algunos gránulos de almidón son dañados mecánicamente. Según Dubois (1949) es necesario distinguir dos factores que conducen a almidón dañado: - El factor de la superficie correspondiente a los efectos de arañar la superficie de molino de rodillos ranurado. - El factor interno que aparecen durante la fase de reducción cuando los gránulos se han roto o aplastado. Si mayor es el trabajo mecánico, mayor es la producción de almidón dañado **(Ferrerías, 2008)**.

Una excesiva cantidad de almidón dañado puede producir masas pegajosas por el exceso de estos azúcares simples. Los valores de 8-10% según método AACC, es un nivel aceptable para el proceso de panificación **(Luna, 2008)**.

Tabla 04
Rango de Almidón Dañado

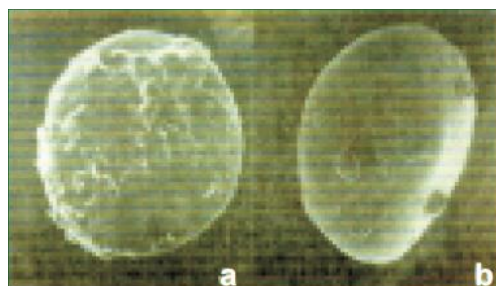
Metodo	Rango de valores normalmente encontrado	Precisión del metodo medio)
SDmatic (UCD)	12 - 28 UCD	+/-0,6
RAPID F.T. (UCD)	12 - 28 UCD	+/-1,2
FARRAND (Units)	10 - 45 unités	+/-5,0
AUDIDIER (%)	10 - 18 %	+/-1
AACC (%)	4 - 9 %	+/-0,7

Fuente: CHOPIN, quality control for grains and flour (2002)

La influencia del almidón dañado se sintetiza de la siguiente manera:

Dureza del grano: Según **Luna (2008)** y **Calaveras (1996)** mientras más duro sea el grano del trigo, mayor almidón dañado se generará en la molienda. En la molturación se daña entre 3% al 4% en trigo blando y se puede llegar a un 9% ó 10% en trigos duros.

Absorción de agua: **Luna (2008)**, **Calaveras (1996)** y **Bernabé (2009)** afirman que la absorción de agua se incrementa en una harina al dañar más el almidón en la molienda, afectando las propiedades físicas de la masa que se vuelve grasa y pegajosa, también incrementa la producción de gas y disminuye su retención. La levadura puede acceder de formas más fácilmente el alimento, mientras que el gluten se diluye y reduce su fuerza de la masa.



- a) Granulo de Almidón de trigo Hard (Duro o Panadero) en donde se ve mayor daño de almidón.
- b)) Granulo de Almidón de trigo Soft (Blando) en donde se ve menos daño de Almidón

Gráfico 03

Diferencia de Almidón Dañado

Volumen de pan: Luna (2008) y Calaveras (1996) señalan que a mayor almidón dañado mayor aumento de volumen del pan, debido a que la levadura tiene más azúcares en forma de maltosa disponible para su acción y por ende la red de proteína (gluten) retiene el gas y es mayor el tamaño del pan. Sin embargo si el incremento es exagerado el volumen decrece, porque la red de proteína no es capaz de retener el mayor gas generado y aparece porosidad de la masa durante la fermentación, perdiendo volumen y fuerza para un salto en el horno.

Extensibilidad de masa: Luna (2008) indica que a mayor daño de almidón genera un aumento de la tenacidad de la masa y una disminución de la extensibilidad, y Calaveras (1996) agrega que a mayor daño existe una brusca caída de la estabilidad farinográfica y una creciente transcendencia de los valores alveográfico que muestra una mayor tenacidad de la masa.

Suavidad del pan en el tiempo: según Calaveras (1996) por que absorbe el agua, contribuye a mejorar el frescor de la miga y por tanto a retardar el endurecimiento, debido a que los geles de almidón más diluidos tienen menos retrodegradación; Luna (2008) indica que la velocidad de envejecimiento del pan disminuye, debido a que mayor cantidad de almidón ha sido consumido durante

la fermentación y resta poca cantidad susceptible a retrodegradarse y favorece a la suavidad del pan por la mayor absorción de agua de la harina.

Facilita la acción de las amilasas: **Calaveras (1996)** menciona que se produce mayormente las β -amilasa, lo que traduce la mayor coloración de la corteza, **Bernabé (2009)** menciona que el almidón de trigos se transforma por acción de enzimas, a dextrinas, maltosa y dextrosa mejorando la fermentación y acentúan el color dorado de la corteza.

2.3.2.2 Calidad fisicoquímica

a) Ceniza

El nivel de salvado que contenga la harina afectara al tiempo de fermentación. Las harinas integrales requieren tiempos menores de fermentación que las harinas blancas. El tamaño de partícula del salvado es también importante para obtener los mejores resultados (Cauvain, 1987). El salvado grosero proporciona un buen efecto visual tanto en la miga del pan y en la corteza, pero cuando hay demasiado salvado de este tipo presente en la harina la miga tendrá la estructura abierta y poco atractiva. En el extremo opuesto, el salvado fino tiene un efecto amortiguador en el pan, dando lugar a piezas suaves y pequeñas con una miga gris pálido (**Stanley et al., 2002**).

El contenido de cenizas también tiene un impacto en la fuerza de la masa donde una gran cantidad de salvado en la harina luego del proceso de molienda interfiere con la formación de gluten y conduce generalmente a masa con menor fuerza. Si comparamos la harina de trigo entero y la de pan normal la primera crea una masa más extensible y con menor retención del gas. De otro lado, un bajo contenido de cenizas en la harina generará una masa con la tendencia a

desarrollar un visible exceso de fuerza, generalmente debe estar alrededor de 0.5% para procurar buenas propiedades de resistencia **(Rosada, 2010)**.

El alto contenido en fibras reduce la retención del gas y la tolerancia durante la fermentación, ya que un exceso de fibras interviene en la estructura de gluten **(Bernabé, 2009)**.

El color asociado con harinas de alto contenido de cenizas no es debido a los minerales, sino a los colores y pigmentos del exospermo y a las partículas del germen **(Martínez, 2004)**.

Tabla 05
Requisitos que deben cumplir las harinas según su tipo

REQUISITOS	Especial		Extra		Popular		Semi-integral		Integral	
	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.
Cenizas (b.s.)	-	0,64	0,65	1	1,01	1,4	1,41	-	-	-

Fuente: ITINTEC 205.027 (1986)

Calaveras (1996) reporta el contenido de ceniza en base seca en harinas panificables:

Tipo T – 45, (panes especiales) inferior 0,50 %

Tipo T – 55, (panes especiales) entre 0,50% y 0,65 %

Tipo T – 70, (Panes común) entre 0,65% y 0,73 %

Tipo T – 75, (Galletas) entre 0,73 y 0,8 %

Tipo T- 100 (pan integral) entre 1,5% y 2,3%

b) Proteína

Tanto la harina oscura como las integrales tienden a tener un contenido de proteína más alto que las harinas blancas. No son raros los valores de proteína de hasta 14%, acondicionándose a menudo gluten deshidratado a las harinas, ya que la masa tiene que mantener el salvado, que realmente no es un ingrediente funcional en la elaboración del pan (**Stanley et al., 2002**).

Una harina con un alto nivel de proteína, proporciona mayor cantidad de gluten en la masa final, dando lugar a que tenga la tendencia a ser muy elástica y extensible. En el otro extremo, la harina baja en proteínas dará como resultado una masa más extensible y menos elástica; generando poca fuerza (**Rosada, 2010**).

Calaveras (2004) citado por Pillaca (2009) menciona que las proteínas en harinas varían entre 8% y 14%, según su número de proteínas podemos hacer una clasificación de las harinas ya que:

- Harina < 9,3%, son harinas de tendencia forrajera y no son satisfactorias para elaboración de pan.
- Harinas con 9,3 % son harinas panificables pero con procedencia de trigo flojo
- Harinas con 10,47% son harinas de media fuerza.
- Harinas > 12,79% son harinas de gran fuerza utilizadas en repostería y bollería congelada. En casos de fabricación de pan, se utiliza en panes que su formulación lleven leche, grasa, etc.

No solo la cantidad de proteínas determina las propiedades panaderas de la harina sino que debemos tener en cuenta también las características generales de las proteínas y su naturaleza coloidal (calidad).

Para elaborar el pan francés, la harina cuanto más alto es el contenido de proteína o posea un gluten más fuerte será la calidad del pan (**Othón, 2003**).

c) Gluten

La proteína de reserva que se encuentra en la harina no es estrictamente gluten; con este término se designa a las Gluteninas (glutenina) y a las prolaminas (Gliadina) hidratadas que se forman cuando se trabaja una masa. Por lo tanto, una harina que tenga 12% de proteína contendrá tan solo 10% de gluten. Un gluten suave con buen color gris claro generalmente indica un buen trigo panificable (**Stanley et al., 2002**).

Según **Martínez (2004)** las harinas con deficiencia en la calidad o cantidad del gluten ocasionan una pobre capacidad de retención de gas en la masa por su baja tenacidad y extensibilidad. Lo ideal es que la relación tenacidad – extensibilidad esté bien equilibrada. La masa cederá a presión del CO₂, el mismo tiempo que la tenacidad se encargará que la masa no se extienda ni se relaje. El contenido de gluten según el uso se muestra en la Tabla 06.

Tabla 06

Porcentaje de gluten recomendado para las harinas según el uso

	Galletas	Panes	Fideos	Panes especiales	Panetones
Gluten, % mín.	9.0	10.0	9.5	11.0	13.0

Fuente: **Martínez (2004)**

Calaveras (1996) señala que el gluten está constituido por las proteínas (glutenina y gliadina) que por sus características, forman una mala o red capaz de retener al anhídrido carbónico liberado durante la fermentación. Tiene gran relación con las proteínas, como se observa la Tabla 07.

Tabla 07
Contenido de gluten en la calidad de la harina

Tipo	Gluten húmedo	Gluten seco
Excesivo	39	>13
Elevado	De 34,5 a 39	De 11,5 a 13
Normal-correcto	De 28,5 a 34,5	De 9,5 a 11,5
Limitado	De 25,5 a 28,5	De 8,5 a 9,5
Bajo	De 21 a 25,5	De 7 a 8,5
Muy bajo	< 21	< 7

d) Absorción de agua

La absorción de agua de una harina depende de cuatro parámetros:

- El contenido de humedad: una harina con un contenido de humedad del 13% tendrá una absorción aparente de agua de 1% superior que la misma harina al 14%
- El contenido de proteína: la proteína absorbe su mismo peso de agua, por lo que una harina con elevado contenido de proteína absorberá de forma natural más agua que una que tenga un bajo contenido de proteína.
- El grado de daño de almidón: probablemente sea este el principal factor que afecte a las propiedades de absorción de agua de la harina. El almidón se daña al moler mucho la harina en los cilindros de compresión. Un daño excesivo del almidón puede provocar que el color de la miga sea muy grisáceo y que su estructura se abra.

- El contenido de pentosanos (hemicelulosa): estos están presentes en las harinas blancas en unos niveles que oscilan entre 2-3 % y en las integrales (de trigo integral) de hasta 10%. Estos polisacáridos distintos del almidón tienen una gran capacidad de unión de agua y, aunque están presentes en la masa en muy pequeñas cantidades, pueden en realidad ser responsable de absorber hasta una tercera parte del agua en la masa **(Stanley et al., 2002)**.

La capacidad de absorción de agua de las harinas varía de forma típica entre 50 y 54% en las harinas de galletería y hasta 60-62 % en las harinas de panificación estándar en el Reino Unido **(Stanley et al., 2002)**.

Según **(Benedito, 1994 citado por Osorio et al., 2009)** la absorción típica se encuentra entre 59 – 62%.

Las harinas con mayor absorción son preferidas por los panaderos por que se relaciona directamente al rendimiento de pan, y también contribuye a aumentar la suavidad de la miga de pan y a prolongar su periodo de almacenamiento **(Martínez, 2004)**.

2.3.2.3 Pruebas reológicas

a) Farinográficos

De acuerdo **Quaglia (1991)** el farinógrafo mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar esta consistencia.

Según **Dendy y Dobraszczyk (2004)** el farinógrafo de Brabender mide la fuerza o la torsión durante el amasado de las masas. Además este autor añade que su principal uso como herramienta en el control de calidad sirve para producir la cantidad de agua necesaria a añadir a la harina, durante el amasado, para conseguir una consistencia definida.

Según **Sahin y Gûlûm (2006) citado por Moncada (2007)** el farinógrafo brinda información sobre las propiedades de amasado de la harina al registrar la resistencia de la masa a unas cuchillas amasadoras durante amasados prolongados el resultado es un farinograma que mide la consistencia en unión del tiempo dentro de una curva. Este autor indica que la forma de la curva del farinograma dependerá de la variedad del trigo, condiciones ambientales y del tipo de harina producida durante la molienda.

La **USDA et al. (2008) citado por Moncada (2007)**; señala que la absorción es la cantidad de agua necesaria para que el centro de la curva de farinografía se encuentre en la línea de las 500 unidades Brabender. Esto se relaciona con la cantidad de agua necesaria para que una harina pueda ser procesada de forma óptima en productos terminados. En cuanto al tiempo máximo, este valor indica el tiempo de desarrollo de masa a partir del momento en que se añade agua hasta que la masa alcanza la máxima consistencia. Esto nos da un indicador del tiempo de mezclas óptimo bajo condiciones estandarizadas. Respecto del tiempo de estabilidad es la diferencia entre el tiempo de llegada y el tiempo de salida. Esto indica el tiempo de la masa. En lo que refiere al índice de tolerancia al mezclado, es la diferencia en valor de unidades Brabender entre la parte superior de la curva al tiempo máximo y la parte superior de la curva cinco

minutos después del tiempo máximo. Esto indica el grado de ablandamiento durante el amasado.

El principio de la medida se basa en el registro de la resistencia que la masa opone a una acción mecánica constante en unas condiciones de prueba invariables. Tal resistencia se representa sobre un diagrama de esfuerzo-tiempo a partir del momento de la formación de la masa y durante todo el periodo de la prueba. El diagrama obtenido produce en forma visual el conjunto de características de calidad de la harina (**Guaglia, 1991**).

Según **Martínez (2004)** los resultados de pruebas farinográficas, las harinas panaderas deben tener una absorción mínima de 58%, tiempo de desarrollo de 2 a 3 minutos y una estabilidad o tolerancia al trabajo de amasado 12 minutos. En la Tabla 08 se muestra valores mínimos de absorción y estabilidad farinográfica de harinas para uso panadero.

Tabla 08
Características farinográficas para las harinas panaderas.

	Aceptable	Bueno	Ideal	Corrector
Absorción, %,	58,0	60,0	62,0	64,0
Estabilidad, minutos	8	12	20	Más de 20

Según **Othón (2003)** la interpretación de la curva farinográfica de acuerdo a la absorción se clasifica de la siguiente manera:

Absorción > 63%, estabilidad > 10 minutos e índice de tolerancia al amasado o ITM (< 30 UF); harina fuerte idónea para panificación o para suplementar harinas de más baja calidad,

Absorción > 61%, estabilidad > 7 minutos e ITM (< 30-50UF); harina intermedia,
Absorción > 60%, estabilidad > 3 minutos e ITM (<70-130UF); harina mediocre,
Absorción < 59%, estabilidad < 3 minutos e ITM (>120UF); harina pobre para panificación,

Mediante la interpretación del farinógrafo se obtiene la siguiente información:

- **Absorción:** es el porcentaje de agua necesario en la harina, para que el centro de la curva, caigan en la línea de 500 UB en su punto de máximo desarrollo.
- **Tiempo de desarrollo o mezcla:** es el tiempo en minutos desde que la curva comienza (primera adición de agua) hasta que obtiene su altura máxima (primera indicación de debilidad).
- **Tolerancia de la mezcla o estabilidad:** es el tiempo en minutos que transcurre desde que el borde superior de la curva toca la línea de las 500 UB hasta que cae más bajo de dicha línea.
- **Índice de tolerancia mecánica:** es la disminución en UB que experimenta la curva desde la cúspide hasta el punto superior de la banda, medidos 5 minutos después de haber alcanzado dicha cúspide, Ambos puntos se miden desde el extremo superior de la banda.

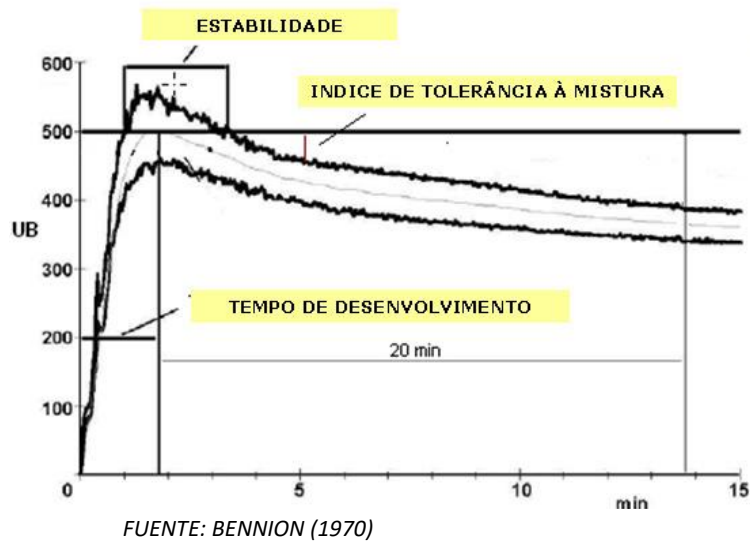


Gráfico 04
Gráfica de tipo obtenida del farinógrafo

b) Alveográficos

El alveógrafo permite ensayar los parámetros de calidad reológica relacionados con los procesos de panificación, pastificación, bollería, galletería y de cualquier otro proceso industrial o artesano que implique el uso de masas de trigos, la tenacidad, extensibilidad, elasticidad y fuerza panadera de las masas determinados mediante el alveógrafo están directamente relacionados con el comportamiento de los productos derivados, durante la fermentación y el horneado (**Chopin, 2002**).

El gluten, es pues el responsable del conjunto de facetas de la masa u entre este y los parámetros que nos da el alveógrafo, hay una relación directa (gluten-fuerza), mientras que los gránulos de almidón que son junto al gluten, los elementos determinantes para saber el valor plástico de una harina, pues estos gránulos están unidos en un complejo coloidal de proteínas hinchadas gracias al efecto del agua, formando así el gluten, este a su vez forma una red elástica que

mantiene en sus mallas extensibles el almidón. Pero la capacidad de ser una masa elástica o no solamente depende del gluten porque el almidón hasta su cocción se comporta como un cuerpo inerte indeformable. En consecuencia vemos que la función del alveógrafo es de reproducir en condiciones experimentales el alveolo panario **(Calaveras, 1996)**.

Atendiendo al tipo de alveograma obtenido en los ensayos de panificación existen distintos tipos de masas que corresponde a distintos tipos de harinas: **masas de mucha tenacidad** (harinas de mucha fuerza) impiden un buen levantado de la masa por lo que se destinan a la elaboración de pastas extrusionadas, **masa equilibradas** que desarrollan bien durante la fermentación y cocción y se destinan a panificación, **masas de poca fuerza** (harinas flojas) que no aguantan bien la presión de CO₂ durante fermentación y cocción y se destinan a la elaboración de magdalenas, galletas y productos similares o bien a mezclarlas con harinas de mucha fuerza **(Mesas y Alegre, 2002)**.

Definición de fuerza de masa; la fuerza es un equilibrio entre tres características físicas de la masa: extensibilidad, elasticidad y tenacidad. La masa elástica se estira naturalmente a la acción de extensibilidad y la más tenaz tendrá la tendencia de replegarse a su posición inicial muy rápidamente **(Rosada, 2010)**.

Interpretación de alveograma

El alveograma es una curva que se determina por el alveógrafo de Chopin y se representa, de forma gráfica y numérica la fuerza y las cualidades físicas de la harina **(Calaveras, 1996)**.

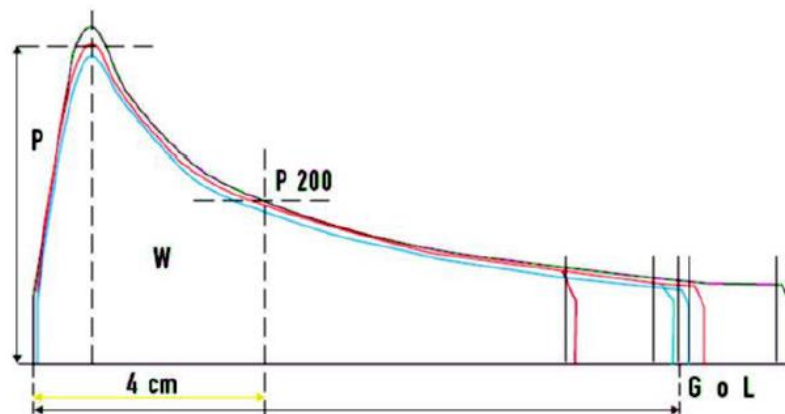


Gráfico 05

Gráfica de tipo obtenida del Alveógrafo

El alveograma característico suministra las siguientes medidas:

- **Tenacidad (P):** Calaveras (1996) y Martínez (2004) señalan que P da la idea de la fuerza necesaria para hinchar la masa y está ligada a la absorción de agua de la harina, así una masa tenaz que otra, necesitara más agua para obtener la consistencia habitual Alvarado y Aguilar (2001) citado por Pillaca (2009) manifiestan que P es la medida en (mm) por la altura de la curva expresada, refleja la resistencia de la masa a la deformación.

Tabla 09

Valores de tenacidad (P)

Muy tenaz	>60
Tenaz	De 50 a 60
Normal	De 35 a 50
Limitada tenacidad	De 25 a 35
Baja tenacidad	< 25

Fuente: Calaveras (1996)

- **Extensibilidad (L):** Calaveras (1996) y Martínez (2004); es la capacidad que tiene una masa de ser estirada en la curva, es la longitud expresada en

mm, (ver Tabla 10), Esta en relación con la capacidad de retención de gas durante la fermentación **Alvarado y Aguilar (2001) citado por Pillaca (2009)** señalan que es la distancia desde el inicio de la curva hasta el punto de ruptura de la burbuja de la masa.

Tabla 10
Valores de extensibilidad (L)

Muy extensible	>115
Buena extensibilidad	De 90 a 115
Débil o limitada extensibilidad	De 70 a 90
Baja extensibilidad	< 50

Fuente: Calaveras (1996)

- **Relación P/L:** Nos indica el equilibrio de la masa, sirve para saber para qué tipo de trabajo panadero es más adecuada cada harina (**Martínez, 2004**).

Tabla 11
Condiciones de equilibrio (P/L)

Pan Común	0,2 a 0,4
Pan Francés	0,4 a 0,5
Pan de moldes	0,6 a 0,7

Fuente: Calaveras (1996)

Se consideran equilibrados entre los siguientes valores:

Tabla 12
Valores de equilibrio (P/L)

Trigo mejorantes (W>250)	De 1,5 a 2
Trigo de elevada fuerza (W de 200 a 250)	De 0,8 a 1,5
Trigo de fuerza (W de 150 a 250)	De 0,6 a 0,8
Trigo de media fuerza (W de 90 a 150)	De 0,4 a 0,6
Trigo flojos (W < 90)	De 0,3 a 0,4

Fuente: Calaveras (1996)

- **Fuerza (W):** expresa el trabajo de deformación referido a un grano de masa y está ligado al conjunto de fenómeno que se produce en el curso del ensayo de extensión teniendo en cuenta a la vez la tenacidad y la extensibilidad de la masa y es la expresión más completa de la fuerza panadera de una harina, W es la energía en 10^{-04} J requerida (Tabla 13) **(Calaveras, 1996)**.

Tabla 13
Valores de fuerza (W)

Fuertes o mejorantes	250
Gran fuerza	De 200 a 250
Media Fuerza	De 150 a 200
Flojas	De 90 a 150
Muy flojas	< 90

Fuente: Calaveras (1996)

El valor de W que representa la fuerza panadera e indica el trabajo necesario para dar una lámina de masa empujada por aire hasta su rotura **(Ibáñez, 1985)**.

Tabla 14
Calidad de Gluten con respecto Valores de W

Gluten tenaz	>300
Gluten balanceado	De 200 a 300
Gluten débil	< 200

Fuente: Ibáñez (1985)

2.3.2.4 Calidad enzimática: Índice de caída (Falling number)

Ibáñez (1985) menciona que el método de Falling number se apoya en el principio de la gelatinización rápida de una suspensión de harina y la medición subsiguiente de la licuefacción del almidón por acción de la α -amilásica, El valor de Falling number es una medida de la actividad α -amilásica, uno de los más

importantes factores de la calidad del grano en la fabricación del pan es conocer su índice de maltosa (actividad enzimática). Cuando la enzima α -amilásica está presente en una concentración demasiado alta, el almidón será atacado por ella, resultando el pan de miga pegajosa; por lo contrario, cuando haya déficit enzimático, el pan resultará demasiado seco; Ejemplos:

Tabla 15
Denominación de Falling number

Producto	Falling number	Denominación
Pan pegajoso	65	actividad α -amilásica elevada
buen pan	250	actividad α -amilásica normal
pan seco	400	actividad α -amilásica baja

Trigos con baja actividad amilásica (alto Falling number) puede corregirse con la adición de una cantidad, previamente determinada por pruebas de laboratorio, de α -amilasa a sus harinas en el molino, pero trigos con alta actividad amilásica (bajo Falling number) no puede corregirse, los proveedores de trigos recomiendan exigir mínimo 300 segundos de Falling number. Una excesiva actividad enzimática en la harina resulta en masa húmeda y pegajosa, los productos se pegan a la máquina causando problemas en el manejo y el cortado, Insuficiente actividad enzimática en la harina se refleja en masa seca y reducción del volumen **(Martínez, 2004)**.

El valor óptimo en harinas de panadería varía entre 270 – 320s, Un valor bajo refleja mayor presencia de la enzima, y uno alto valor menor presencia de esta si está por encima de 400s, las harinas darán producto de baja calidad con migas muy pegajosas, poco volumen y mucho color, si el valor es muy bajo las fermentaciones serán demasiado lentas y el desarrollo del pan escaso **(Cortés, 2004 citado por Osorio, 2009)**.

Calaveras (1996) señala que el Falling number (tiempo de caída) no es utilizable directamente para la determinación de las mezclas. La relación entre el falling number (tiempo de caída) y la actividad amilásica no es lineal, se reporta los rangos a continuación:

Tabla 16
Rango de Índice de Caída (Falling number)

Trigo germinado, Miga pegajosa	< 150
Difícil panificación	170
Actividad amilásica normal	200 a 300
Óptima para panificación	240 a 260
Trigo no germinado, Baja actividad amilásica	>300
Difícil panificación	350 a 370
Normal de trigos y harinas	340 a 390

Fuente: Calaveras (1996)

La actividad α -amilásica es muy importante para la provisión de azúcares libres para la levadura y como consecuencia el elevado correcto de la masa, La levadura ataca primero los azúcares libres y después los disacáridos como la maltosa, generando una gran cantidad de dióxido de carbono (**Gambarotta, 2005**). Escasa actividad α -amilásica de la harina puede dar lugar a cortezas insuficientemente coloreadas (**Callejo, 2011**).

Cuando el contenido en α -amilasas es excesivo, pueden obtenerse colores de corteza rojizos y migas blandas – oscuras. La falta de amilasas en la masa, dará colores de corteza extremadamente pálidos (**Tejero, 2002**).

2.4 EL PAN

Es el alimento básico de la humanidad que forma parte de la dieta habitual se define como un producto perecedero, resultante de la cocción de una masa

obtenida de la mezcla de la harina de trigo, grasa, agua, sal entre otros ingredientes **(Bennion, 1967 citado por Mesas y Alegre, 2002)**.

Pan con harina de trigo nacional

El pan es el producto alimenticio más importante consumido en todos los hogares, siendo en los estratos más bajos su única fuente nutritiva ya que además es de bajo costo lo que los hace estar al alcance de cualquier persona **(Anglas, 2011)**.

Dennis Barteau en una entrevista a Panera N°28, menciona que con la llegada de los españoles, el trigo apareció en el continente americano, Ahora el pan puede ser presentado en el mercado con diferentes tamaños en lo que se refiere al volumen. El volumen del pan francés al que se está acostumbrado en el Perú, se debió principalmente al uso de aditivos como el bromato (actualmente su uso está prohibido). Un pan con gran volumen pero sin peso no es un buen pan, este volumen hace al pan insulso y sin sabor, por lo que se debe añadir más sal y azúcar. Esto es lo que recomiendan los defensores del buen pan como el profesor Calvel, Eric Kaiser, Stephen Kaplan entre otros, ¿cómo cambiar los hábitos de los clientes que comen un pan con estas características desde hace años? ¿Cómo hacer un pan "Francés", con menos volumen pero con más sabor? los clientes no lo prefieren, hacer un pan con otra forma, no es fácil porque están acostumbrados a esta forma particular para poder obtener un sándwich de jamón, de huevo frito, etc. Los molineros y la federación de panaderos han unido sus fuerzas para poder presionar por una ley sobre la harina sin aditivos. Esto nos permitió encontrar el verdadero trabajo del panadero, que está trabajando en la fermentación para poder lograr un sabor natural.

2.4.1 ESTRUCTURA DE PAN

Cuando el pan sale del horno, su estructura se encuentra formada por dos zonas: miga y corteza, dichas zona se describen a continuación.

2.4.1.1 Miga

La miga conforma la mayor parte del pan, de acuerdo con Eliasson y Larsson (1993) ocupa un rango entre 53 – 57,8% del pan, dependiendo del tiempo de horneado. Esta parte se forma cuando ocurre la transformación de una dispersión de células de gas a espuma, lo cual ocurre durante la fermentación, dando lugar a una estructura de poros abiertos caracterizada por la geometría de abertura y la curva interfacial **(Hernández y Serra, 2009)**.

2.4.1.2 Corteza

Debido a que las temperaturas alcanzadas durante el horneado son mayores en la corteza, causan la evaporación de agua, de esta forma el contenido de humedad es menor que el de la miga, además de que generan cambios de color característico debido a las reacciones de oscurecimiento: maillard y caramelización **(Eliasson y Larsson, 1993** citado por **Hernández y Serra, 2009)**.

2.4.2 PROCESO PRODUCTIVO DE PAN

a. Mezclado

El mezclado se debe realizar para homogenizar los materiales sólidos y posteriormente para incorporar paulatinamente el agua que proporciona a la masa sus características de elasticidad y extensibilidad conferidas por el gluten en formación. Durante el mezclado se inicia la hidratación de partículas hasta

que la masa presente una cierta ligazón. La formación de la masa está condicionada por la capacidad de absorción de agua de los diferentes componentes de la harina donde el gluten el doble de su peso en agua, el almidón admite aproximadamente un 30% de su peso en agua y el resto de agua es admitida por atracción capilar quedando atrapada en la masa **(Osorio, 2009)**.

b. Amasado

Las distintas clases de harina de trigo requieren diferentes cantidades de amasado para alcanzar la suavidad satisfactoria. Se explica que esto se debe en parte a las diversas relaciones de hidratación de sus proteínas (principalmente al gluten) **(Desrosier, 1998)**.

El amasado de la masa panaria cumple las siguientes funciones:

- Dispersar de forma uniforme e hidratar ingredientes de la fórmula
- Aportar energía para el desarrollo de la estructura de gluten,
- Producir la masa panaria es decir obtener una estructura viscoelástica que sea capaz de retener el gas producido sin llegar a la ruptura,
- Airear la masa, para proporcionar puntos de nucleación para la difusión del CO₂, y el crecimiento de los alvéolos durante la fermentación y aportar oxígeno atmosférico para ayudar al esponjamiento, **(Dendy y Dobraszcyk, 2004)**.



Gráfico 06
Proceso de Amasado

c. División y pesado

La masa homogénea obtenida del amasado donde debió alcanzar el punto de gluten adecuado, se procede a dividir del total, esta masa debe proceder a ser moldeado, con el fin de conseguir el tamaño y la forma de producto que deseamos, se debe en primer lugar, dividir la masa obtenida en la amasadora en porciones individuales y, después darles la forma adecuada para que sirva de base al producto final que queremos conseguir después de la fermentación y el horneado (Stanley y Young, 2002).



Gráfico 07
Proceso de División de la Masa

d. Boleado y Formado

Cuando las piezas ya han divididas pasan al boleado, un buen boleado debe admitir suficientemente flexibilidad en piezas pequeñas o grandes con un cierre en la parte de sus base, lo suficientemente hermético por el que no encontraremos pérdidas de gas a la hora de fermentar **(Calaveras, 1996)**.



Gráfico 08

Boleado y formado de la masa

e. Fermentación

El “desarrollo” continuando de la estructura de gluten que se forma como resultado del amasado, cuya finalidad es modificar las propiedades reológicas de la masa y mejorar su capacidad de expansión cuando aumente la presión del gas al generarse dióxido de carbono durante la fermentación, Esta fase del proceso suele denominarse “maduración” de la masa **(Stanley et al., 2002)**.

Las harinas con un elevado contenido en proteína requieren tiempos de fermentación más largos que las harinas de contenido proteico bajo. El nivel de salvado que contenga la harina afectara al tiempo de fermentación. Las harinas integrales requieren tiempos menores de fermentación que las harinas blancas.

El contenido típico de proteína de la harina blanca que se utiliza en el método directo puede ser del 12% o mayor (**Stanley et al., 2002**).



Gráfico 09
Proceso de Fermentación

f. Horneado

Durante el proceso de cocción se suceden tres fases diferenciadas, así en la primera fase al entrar las piezas de pan al horno la masa no deja de fermentar hasta que alcanza los 45°C y por consiguiente sigue produciendo gas carbónico y las burbujas comienzan a dilatarse por efecto del calor. En la segunda fase se forman los alveolos de la miga; al mismo tiempo, las enzimas amilásicas van degradando el almidón en dextrinas y maltosa responsables de la caramelización de la corteza. Superados los 70°C el gluten se coagula y el almidón se gelatiniza perdiendo así la plasticidad de la masa. Al mismo tiempo comienza la evaporación de alcohol permitiendo que la masa se levante un poco más por causa de los vapores producidos y produce una refrigeración natural en el interior de la pieza que le impide hervir. En la tercera fase la coloración de la corteza se va efectuando gracias al efecto de las dextrinas que se localizan en la superficie del producto. En tanto la cocción va avanzando, se ha comprobado

que la temperatura al interior de la miga nunca supera los 90 – 100°C debido a las reacciones de evaporación de agua y alcohol (**Quaglia, 1991**).



Gráfico 10
Proceso de horneado

2.4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL

2.4.3.1 Panel de evaluación sensorial

Para el desarrollo y funcionamiento de un panel de evaluación sensorial es necesario tener en cuenta ciertos parámetros para conseguir resultados lo más objetivamente posibles.

Según **Hernández (2005)** la selección y el entrenamiento de las personas que tomaran parte en pruebas de evaluación sensorial son factores de los que dependen en gran parte el éxito y la validez de las pruebas. Es necesario determinar, en primer lugar, el número de jueces que deben participar, y después hay que seleccionarlos, explicarles en forma adecuada como han de realiza sus evaluaciones, y darles el entrenamiento adecuado.

SANCHO (1999) menciona que a partir del momento en que se pide al catador que emita una opción o juicio se le eleva a la categoría de JUEZ SENSORIAL.

a. Juez experto o profesional

Trabaja solo y se dedica a un solo producto a tiempo preferente o total (**Sancho, 1999**).

El juez experto es, como en el caso de los catadores de vino, te, café, queso y otro productos, una persona que tiene gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento, Su habilidad, experiencia y criterio son tales que en las pruebas que efectúa solo es necesario contar con su respuesta (**Ibáñez y Barcina, 2000**).

b. Juez entrenado o panelista

Miembro de un equipo o panel de catadores con habilidades desarrolladas, incluso para pruebas descriptivas, que actúa con alta frecuencia (7 – 15 jueces por panel), (**Sancho, 1999**).

Un juez entrenado es una persona que posee bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial o algún sabor o textura en particular, que ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial, y que sabe que es exactamente lo que se desea medir en una prueba. El número de juez requerido debe ser al menos de siete, y como máximo 15, porque menos de siete carecen de validez y con más de 15 el grupo resulta muy difícil de conducir y el número de datos es innecesario. Se les emplean pruebas descriptivas o para pruebas discriminativa complejas, comparaciones múltiples, ordenamiento (**Ibáñez y Barcina, 2000**).

c. Juez semientrenado o aficionado

Persona con entrenamiento y habilidades similares a las del panelista que sin formar de un equipo o panel estable, actúa en pruebas discriminatorias con cierta frecuencia (10 – 20, máximo 25 jueces por panel) (**Sancho, 1999**).

Se tratan de personas que han recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficientes habilidad, pero que generalmente solamente participan en pruebas discriminativas sencillas, las cuales no requieren de una definición muy precisa de términos o escalas, es necesario no menor 10 o máximo de 20 jueces semientrenado para medir la aceptación de una producto y se proporcionan una explicación de lo que se quiere hacer y lo que no se debe hacer en la prueba sensorial (**Ibáñez y Barcina, 2000**).

d. Juez consumidor o no entrenado

Persona sin habilidad especial para la cata, que se toma al azar o con un cierto criterio para realizar pruebas de aceptación (paneles de 30 – 40 jueces como mínimo) (**Sancho, 1999**).

Se trata de persona que no tienen que ver con las pruebas, ni trabajan con alimentos como investigadores o empleados de fábricas. Por lo general son personas tomadas al azar, ya sea en la calle, o en la tienda, escuela, etc, los jueces de este tipo deben emplearse solamente para pruebas afectivas y nunca para pruebas discriminativas o descriptivas (**Ibáñez y Barcina, 2000**).

2.4.3.2 CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PAN

El pan es el más popular entre todos los productos derivados de los cereales, no sólo por sus cualidades nutricionales, sino también por sus propiedades sensoriales y de textura.

a) Aspecto externo

El pan francés debe presentar una forma característica (elíptica), con una zanjada longitudinal al centro en la parte superior **(Hernández y Serra, 2005)**.

b) Color exterior

La superficie exterior y la corteza deben presentar un color amarillo rojizo, el cual debe ser lo más uniforme posible **(Hernández y Serra, 2005)**.

Según **Anglas (2011)** el color de corteza debe ser DORADO BRILLANTE, significa que el producto ha sido sometido a un buen horneado y color PÁLIDO OSCURO, significa que las especificaciones técnicas de horneado no se han cumplido adecuadamente, El pan quemado se puede distinguir oliendo la corteza del pan.

c) Tipo de corteza

El pan Francés debe presentar una capa regularmente gruesa y dorada y no debe ser correosa **(Hernández y Serra, 2005)**.

d) Color de miga

Debe ser blanco, con un matiz uniforme y sin manchas ni coloraciones **(Hernández y Serra, 2005)**.

Callejo (2011) en panes elaborados con harina de trigo, el color de la miga va del blanco crema al marrón claro en función de la tasa de extracción de la harina (Kihlberg *et al.*, 2004), harinas con alta tasa de extracción (semiintegrales o integrales) producen migas más oscuras, pues al introducir las partes periféricas del grano en las harinas, éstas se vuelven más oscuras. El tipo de harina empleado en la elaboración del pan también influye en el color de la miga aunque existen determinados factores, como la oxidación de los pigmentos carotenoides que tiene lugar durante el amasado, que pueden incidir en un mayor blanqueo de la miga.

e) textura

La corteza debe presentar una tetra firme en forma de costra dorada, la miga debe ser suaves y esponjosa, característica que adquiere por la formación de gas durante la fermentación, no debe ser seca (**Hernández y Serra, 2005**).

Callejo (2011) menciona que en los panes leudados (con volumen) la textura es un factor determinante de la calidad sensorial del pan e influye en gran medida en las decisiones de compra (Heenan *et al.*, 2009). La corta vida útil del pan y la pérdida de frescura de la miga está fundamentalmente asociada con la evolución de dos parámetros de textura: el incremento de firmeza y pérdida de elasticidad.

La textura de miga y corteza debe ser FLEXIBLE y SUAVE, aspecto de FRESCURA. Este criterio de calidad está muy relacionado con el tiempo en la cual la miga del pan se mantiene tierna y fresca (atributo muy apreciado actualmente). Aquí entra a destacar el contenido del agua, además del actuar de los emulsionantes y grasas emulsionadas que se utilizaron en la elaboración (**Anglas, 2011**).

Callejo (2011) indica que la percepción de la miga al tacto o en la boca está muy influenciada por el tamaño y la estructura de las alveolos: cuando son finos, con paredes delgadas y uniformes en tamaño, la textura es más suave y más elástica que cuando son grandes, irregulares en tamaño y con paredes más gruesas (Lassoued *et al.*, 2008).

f) Sabor

Debe ser característico, agradable y sabor ligeramente salado, no debe ser ácido (**Hernández y Serra, 2005**).

g) Distribución alveolar

Callejo (2011) menciona que el número de alveolos y la variación del tamaño de los mismos en la miga van a influir en las propiedades relacionadas con la textura del pan (Salmenkallo-Martila *et al.*, 2004) y están muy relacionados con el contenido en proteína de la harina y las condiciones de fermentación.

Según **Anglas (2011)** se debe apreciar UNIFORMIDAD del ALVEOLADO y DIÁMETRO del MISMO. **Tejero (2002)** menciona que los huecos característicos de la miga del pan se denominan alveolos, su tamaño y distribución son propios de cada tipo de producto, Como dice el refrán castellano: El pan con ojos, el queso sin ojos y el vino que pegue en los ojos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE TRABAJO

El presente trabajo de investigación se realizó del mes de Enero del 2011 a Setiembre del 2011 en los siguientes ambientes:

- Laboratorio de programa de cereales y granos nativos de la **Universidad Nacional Agraria La Molina**
- Laboratorio de control de calidad de **Molino Callao - ALICORP S. A.**
- Laboratorio de análisis y control de Calidad de la **Empresa “GRANOTEC Perú”**
- Laboratorio de tecnología de alimentos de la **Universidad Peruana Unión**
- Panadería del **CETPRO “Joaquín López Antay”**
- Laboratorio de análisis de alimentos de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la **Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga**

3.2 MATERIALES , REACTIVOS Y EQUIPOS

3.2.1 Materia prima

Para llevar a cabo el presente estudio se utilizó trigo (*Triticum aestivum* ssp) de variedad INIA – 418 “El Nazareno”, de La Estación Experimental Agraria Canaán – **INIA Ayacucho**.

Como muestra testigo se utilizó harina de trigo (*Triticum aestivum* ssp) comercial Santa Rosa Especial, procedente de “Molino Callao”.

3.2.2 Reactivos químicos

- Solución de cloruro de sodio (NaCl) al 2%
- Solución de cloruro de sodio (NaCl) al 2,5%
- Acido bórico (H_3BO_3)
- Ioduro de potasio (KI)
- Solución de tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) al 0,1N
- Acido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y al 0,1N
- Catalizador (sulfato de potasio 815 g) + sulfato de cobre (0,5 g))
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 40%
- Solución de indicador rojo de metilo 0,1%
- Aceite de vaselina (para el alveógrafo)

3.2.3 Insumos

- Levadura fresca
- Sal
- Azúcar
- Manteca vegetal
- Aceite

- Monoglicerido
- Huevo
- Ajonjolí

3.2.4 Materiales de laboratorio

- Probeta 1L, 250, 100 ml
- Elmermeyer de 500 ml
- Vaso precipitado 250 ml, 1 L, 2 L
- Placas petri
- Crisol de porcelana
- Balones de digestión
- Dispenser con pipeta automática ajustable de 5 a 30 ml
- Espátula
- Pinzas
- Termómetro 150°C
- Piseta
- Embudo
- Rodillo de laminado
- Tubos de vidrio específicos para Falling Number
- Desecador

3.2.5 Equipos

- Perladora de trigo marca DAYTON modelo 1K144. Capacidad 50 g
- Molino Experimental BUHLER
- Molino de Martillo marca SANJIN modelo QF-30 capacidad 700-800 kg/h
- Falling Number marca PERTEN modelo 1500.

- Determinador de gluten, Glutomatic System
- Determinador de almidón dañado, SDmatic marca CHOPIN
- Equipo Kjeldahl
- Balanza schopper
- Alveógrafo marca CHOPIN modelo NG
- Farinógrafo de Brabender, modelo "SEW"
- Balanza analítica
- Estufa marca BIONET modelo ESTBN20 temperatura hasta 300°C
- Horno mufla marca FSC, modelo MD2-106, hasta 1200°C.
- Amasadora JOSISA modelo AS15, capacidad 25 kg.
- Cámara de Fermentación JOSISA, modelo CE04, capacidad 4 coche
- Horno eléctrico rotatorio JOSISA, modelo JOSI 15, capacidad 15 bandejas
- Divisora JOSISA, modelo DSA 30, capacidad 30 unidades
- Cronómetro
- Bandejas y coches
- Termocupla

3.3 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.3.1 Análisis fisicoquímico del trigo

a. Determinación de peso hectolítrica o densidad aparente (Ph)

Se determinó según el método NTP 205.013:1979 (Revisada el 2011):
 Determinación de la masa hectolítrica, haciendo uso de la balanza de schopper, llenando la tolva de pre-carga, luego se vierte en la tolva de carga, se jala de un solo golpe la cuchilla que sostiene al pistón de desplazamiento para que la muestra de trigo caiga dentro del contenedor métrico, se inserta nuevamente la

cuchilla de un solo golpe y se retira la tolva de carga con el trigo sobrante. Se retira la cuchilla y se pesa el trigo del contenedor. En la tabla del equipo se lee directamente el resultados de peso hectolítrico (Anexo 1.1).

b. Determinación de masa de 1000 granos

Se determinó según el método NTP 205.007:1980 (Revisada el 2011), Se cuenta 250 granos de trigo sano y entero, se pesa en una balanza con sensibilidad de 0,1 g y se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Masa de 1000 granos} = \text{Masa de 250 granos (g)} \times 4, \dots, (1)$$

c. Determinación de la humedad

Se determinó por el método 44-19 de la AACC (2000), Por pérdida de agua por secado a 130°C por 60 minutos.

d. Determinación de ceniza

Se determinó con el método NTP 205.038 harinas, por incineración directa a 600°C por 4 horas.

e. Determinación de proteínas

Según el método de la AACC (2000). Método según principio Kjeldahl.

f. Índice de dureza del trigo

Se colocaron 20 g (*pi*) de muestra de trigo en la perladora y se sometió a un pulido por un minuto luego se tamizó la muestra perlada. Se pesó lo que queda

sobre el cernidor (*pf*). La pérdida del grano durante el pulido indicará la dureza (CIMMTY, 1985 citado por Ibañez, 1985).

El porcentaje de dureza se calculó con la siguiente fórmula:

$$\%dureza = \frac{pi-pf}{pi} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

Pi = peso inicial de la muestra

Pf = peso final de la muestra

3.3.2 Obtención de harinas

Para la obtención de harinas se utilizaron dos tipos de molinos, con el objeto de simular la producción de harina flor a nivel industrial (utilizando un molino Buhler) y la producción a nivel artesanal (utilizando un molino de martillo).

3.3.2.1 Obtención de harina flor

Para realizar la molienda experimental se siguió el método recomendado por CIMMTY, (1985) citado por Ibañez, (1985). Para ello se realizaron los siguientes pasos.

a. Selección y limpieza

Las muestras, se seleccionaron eliminando todas las impurezas (piedras, trigo chupado, pajas) y todo residuo de polvo, con la ayuda de zarandas y pinzas.

b. Determinación de la humedad del grano

Se utilizó el método 44 -19 de la AACC (2000), siendo este dato muy necesario para acondicionar a la humedad final de 16% según las especificaciones para harinas de panificación.

c. Acondicionamiento

Conociendo la humedad inicial del grano se lleva a una humedad de 16%. Se trabajo en bateas, donde se llena la muestra de trigo en 4 kg, adicionando la cantidad de agua requerida 12 h antes de la molienda.

La cantidad de agua a añadir se calculó con la siguiente formula.

$$mL \text{ de agua a adicionar} = \left[\left(\frac{100 - \% \text{ humedad inicial}}{100 - \% \text{ humedad requerida}} \right) - 1 \right] \times \text{peso de muestra} (3)$$

d. Molienda

Se utilizó el molino automático Bühler de laboratorio que muele pequeñas cantidades de trigo para obtener harina flor a analizar. Estas muestras son parecidas a las obtenidas por un molino comercial. El molino Bühler tiene 3 pasajes de trituración y 3 pasajes de reducción, los cuales dan 6 clases de harina, estas harinas se mezclaron para efectuar las pruebas siguientes.

e. Maduración

Una vez obtenida la harina se llevó a maduración por espacio de 30 días de reposo para mejorar los enlaces de la red proteica de la harina.

Trigo INIA – 418 “El Nazareno”

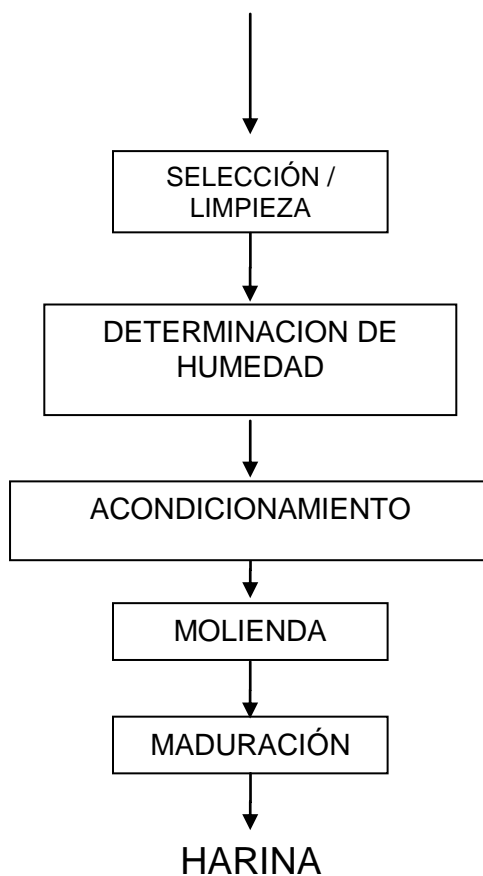


Gráfico 11

Diagrama de flujo del molido de trigo con molino de Buhler

3.3.2.2 Obtención de harina integral

Para esta prueba se efectuó la selección y limpieza del grano.

Luego se vertió gradualmente el grano al alimentador rotativo del molino, donde el molino de martillos tritura los materiales mediante el choque entre martillos de alta velocidad de rotación y los materiales.

Finalmente la recepción de la harina integral es en la boca de descarga.

Trigo INIA – 418 “El Nazareno”

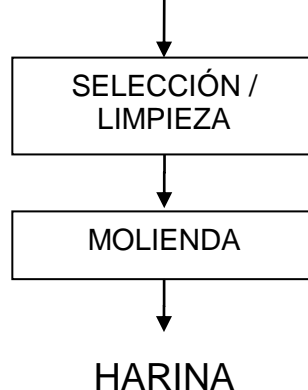


Gráfico 12

Diagrama de flujo del molido de trigo con molino de martillo

3.3.2.3 Determinación de almidón dañado

Se determinó por el método 7631- AACC (2000). Este método amperométrico consiste en medir la cantidad de yodo absorbido por los gránulos de almidón.

- Se pesa 1 +/- 0,1 g de harina en la capsula de SDmatic y se prepara la solución (120 ml agua destilada + 3 g ácido bórico + 3 g ioduro de potasio) y 1 gota de tiosulfato de sodio a 0.1N
- Se vierte la solución a la bañera de reacción, se indica el peso de la harina.
- Se presiona el botón de encendido del Test y se introduce la muestra.
- Cuando la solución vira a un color oscuro característico de la reacción almidón – yodo, se muestra el resultado en la pantalla indicando el término del análisis, el tiempo en menos de 10 minutos.

3.3.3 Caracterización de las harinas

Las harinas obtenidas se codificaron como: **N1** = harina flor y **N2** = harina integral. Para cada harina se realizó mezcla con harina comercial con el objetivo de tener harinas de diferentes grados de sustitución. Los niveles de reemplazo de la harina

comercial por la harina de trigo INIA – 418 “El Nazareno” fueron del 25, 50, 75 y 100%. Las mezclas se realizaron en forma manual, realizando los cálculos correspondientes utilizando como base de cálculo 1 Kg de harina total (Tabla 17). Las harinas obtenidas fueron valoradas en sus propiedades fisicoquímicas y reológicas.

Tabla 17
Nivel de sustitución de la harina comercial por harina de trigo (*Triticum aestivum ssp*) INIA – 418 “El Nazareno”

Ingredientes	Testigo	Niveles de sustitución Harina N1				Niveles de sustitución Harina N2			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
Harina comercial (g)	1000	750	500	250	-	750	500	250	-
Harina “El Nazareno” (g)	-	250	500	750	1000	250	500	750	1000
Total (g)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

3.3.3.1 Determinación de las propiedades fisicoquímicas

a. Determinación de la humedad

Se determinó por el método 44-19 de la AACC (2000), por pérdida de agua por secado de 130°C por 60 minutos.

b. Determinación de ceniza

Se determinó con el método NTP 205.038 (revisada 2011) harinas, por incineración directa a 600°C por 4 horas.

c. Determinación de gluten

Se determinó utilizando el equipo Glutomatic System con el método AACC 38-12.02, donde se pesa 10 g de harina es colocada con 5,2 ml de solución de CINA de 2%, en la cámara de mezclado del equipo. Se amasa por 20 s, automáticamente se procede al lavado con agua salina donde arrastra el

almidón. Después de 5 minutos termina el lavado, se lleva a la centrífuga para eliminar el exceso de agua, pudiendo obtener el **gluten húmedo**.

Luego se coloca el gluten húmedo en una plancha Glutork, el secador eléctrico automático, por espacio de 5 minutos, obteniendo el **gluten seco**.

d. Índice de gluten (gluten index)

El **índice de gluten** se obtiene al colocar el gluten húmedo en la centrífuga, dentro de un recipiente especial que contiene un tamiz. El **índice de gluten** es el porcentaje de gluten que no atraviesa el tamiz después de centrifugar, respecto al total de gluten húmedo, lo cual es un dato cualitativo de importancia para caracterizar una harina.

e. Determinación de índice de Caída (Falling number)

Se determinó según el método AACC 56 – 81B (2000).

- Se pesa la muestra de harina en base a la humedad (Anexo 1.2), vaciar al tubo de ensayo, agregar 25 ml de agua destilada desde el dispensador.
- Agitar vigorosamente en posición vertical hasta obtener una suspensión uniforme (30 veces aprox), se retira la tapa y coloca el sensor de viscosidad.
- Inmediatamente se coloca el tubo en posición de trabajo (baño maría del equipo a 100°C), después de 5 s el equipo agitará automáticamente la suspensión por 60 s, se detiene automáticamente la agitación quedando el sensor suspendido en la parte superior del tubo y empieza a hundirse libremente dentro de la suspensión.
- Cuando el sensor haya recorrido la distancia establecida en el equipo el contador de tiempo determinará el valor de Falling number en segundos.

3.3.3.2 Determinación de propiedades reológicas

a. Farinográfica

Se determinó con el farinógrafo de brabender por el método AACC 54-21.01. El farinografo permite determinar la absorción, estabilidad y desarrollo farinográfico. Se verifica la temperatura ($30 \pm 0,2$ °C) del agua a utilizar y que el papel de la carta de registro corre horizontalmente. El procedimiento se explica en el Anexo 2.1

b. Alveográfica

Se utilizó el alveógrafo Chopin del método 54-30.02 de la AACC. El alveógrafo mide las propiedades reológicas de la masa (extensibilidad y tenacidad) mediante la inyección de aire (simulado efectos de fermentación) en discos de masas de dimensiones estandarizadas. Antes de empezar el ensayo, las temperaturas de los aparatos deben estabilizarse según las temperaturas de consigno, temperatura de mezclador y del alveógrafo están en $24 \pm 0,2$ °C y $25 \pm 0,2$ °C respectivamente. El procedimiento se explica en el Anexo 2,2

3.3.4 Pruebas de panificación:

Los ensayos de panificación se realizaron en base a las formulaciones típicas para pan francés y pan para hamburguesa de un pan comercial, se utilizó un lote de 1 kg de harina compuesta. Se realizaron ensayos utilizando las harinas sustituidas, mostrados en la tabla 17.

La tabla 18 presenta las formulaciones utilizadas para elaboración de pan francés:

Tabla 18
Formulación de pan francés

Ingredientes	Testigo	Niveles de sustitución Harina N1				Niveles de sustitución Harina N2			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
Fabricación del prefermento de masa									
Harina comercial (g)	300	225	150	75	-	225	150	75	-
Harina "El Nazareno" (g)	-	75	150	225	300	75	150	225	300
Levadura fresca prensada (g)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Agua (mL)		Variable, según la absorción de cada harina							
Elaboración de la masa									
Harina comercial (g)	700	525	350	175	-	525	350	175	-
Harina "El Nazareno" (g)	-	175	350	525	700	175	350	525	700
Levadura fresca prensada (g)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Sal (g)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Azúcar (g)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Manteca (g)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Agua (mL)		Variable, según la absorción de cada harina							

La tabla 19 muestra las formulaciones para la elaboración de pan para hamburguesa:

Tabla 19
Formulación de pan para hamburguesa

Ingredientes	Testigo	Niveles de sustitución Harina N1				Niveles de sustitución Harina N2			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
Harina comercial (g)	1000	750	500	250	-	750	500	250	-
Harina "El Nazareno" (g)	-	250	500	750	1000	250	500	750	1000
Levadura fresca prensada (g)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Sal (g)	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Azúcar (g)	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Manteca (g)	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Emulsificante (g)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Huevo (unid)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Agua (ml)		Variable, según la absorción de cada harina							

Procedimiento

Los métodos de panificación empleados fueron los siguientes:

3.3.4.1 Método esponja para el proceso de elaboración del pan francés

a. Pesado

En base a 1 kg de harina, se pesó los ingredientes según la tabla 18, dividiendo en dos etapas: primero para el prefermento 300 g de harina, 10 g de levadura y agua el volumen según la absorción propia de la harina. Segunda etapa se pesó 700 g de harina, 10 g de levadura, 20 g sal, 10 g de azúcar, 10g de manteca y agua.

b. Preparación del prefermento

Según la dosificación se mezcló todo los ingredientes y se dejó reposar por 4 horas en recipientes de plásticos.

c. Mezclado

Al equipo se agrega los ingredientes secos y el prefermento, se enciende la amasadora a nivel 1, se agrega el volumen de agua según la absorción propia de la harina, hasta homogenizar la masa.

d. Amasado

Se llevó el equipo al nivel 2, el cual se amasa por 4 – 6 minutos, según la tolerancia de la masa, hasta alcanzar la consistencia adecuada.

e. Pesado y cortado

Se pesó 1500 g de masa y se cortó en 30 unidades en la divisora

f. Boleado y greñado

Posteriormente se realizo el boleado manualmente para dar forma circular a las masas, las cuales se dejan en bandejas por 10 min aproximadamente. Luego con

una barra se da la forma característica a las masas dejando reposar por otros 5 min y rociar harina sobre las masas.

g. Volteado

Transcurrido los 5 minutos, se volteó las masas formadas, nuevamente se roció harina sobre ellas.

h. Segunda fermentación

Se lleva a la cámara de fermentación en coches a 30 - 35 °C por 90 minutos, con ingreso de vapor continua. Observando durante su proceso el desarrollo de la masa.

i. Horneado

Después de la fermentación, se llevo al horno rotatorio a una temperatura 160 °C por 16 minutos.

j. Enfriado

Se enfrió las muestras de pan al medio ambiente por 1 hora. Posteriormente se realizo la evaluación de producto terminado y sensorial.

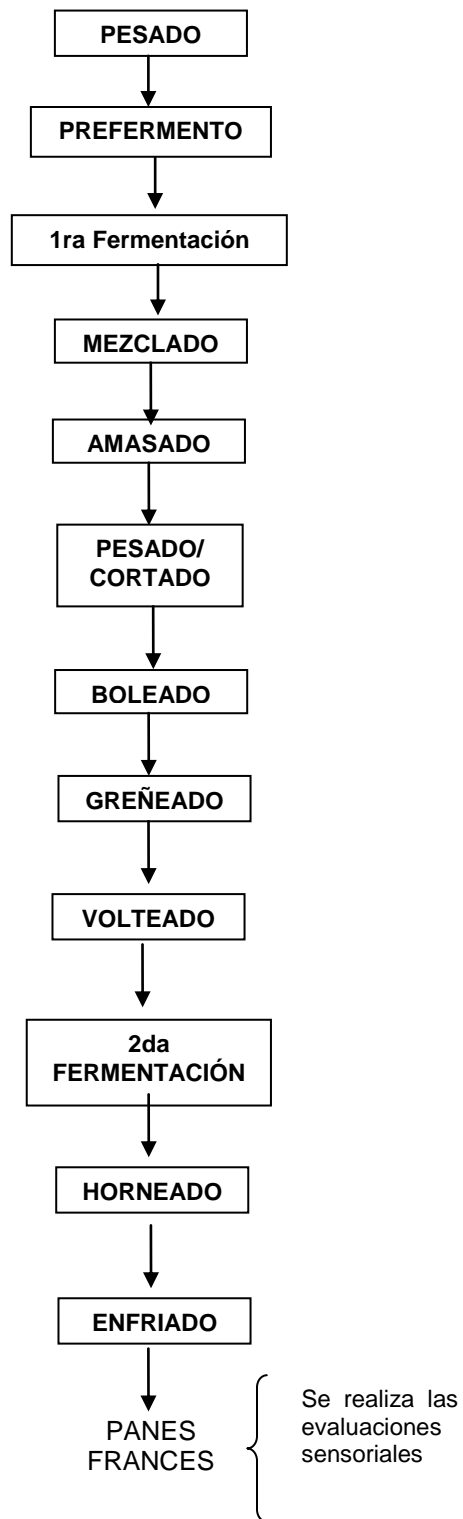


Gráfico 13
Diagrama de operaciones de elaboración de pan francés

3.3.4.2 Método directo para la elaboración del pan para hamburguesa

a. Pesado

En base a 1 kg de harina, se pesó los ingredientes según la tabla 19, 30 g de levadura, 15 g sal, 60 g de azúcar, 50 g de manteca, 5 g de monoglicerido (emulsificante), 1 unidad de huevo y agua (volumen variable según la absorción de la harina).

b. Mezclado

Se utiliza una amadora de capacidad de 25 kg, donde se vierten los ingredientes secos y se enciende la amasadora a nivel 1 por 2 min, se agrega el volumen de agua según la absorción propia de la harina, hasta homogenizar la masa.

c. Amasado

Se llevó el equipo al nivel 2, el cual se amasa por 4 – 6 minutos, según la tolerancia de la masa, hasta alcanzar la consistencia adecuada y la formación del gluten.

d. Pesado y boleado

Se pesó 90 g de masa, la cual se bolea manualmente para dar forma circular, la cual se dejan en bandejas por 5 min aproximadamente.

e. Aplanado

Transcurrido los 5 minutos, las masas boleadas se aplanan manualmente, obteniendo las masas homogéneas en diámetro y espesor.

f. fermentación

Se llevó a la cámara de fermentación en coches a 30 - 35 °C por 150 minutos, con ingreso de vapor continua. Observando durante su proceso el desarrollo de la masa.

g. Barnizado

Una vez obtenido el volumen adecuado en la fermentación, se procedió a barnizar con huevo batido la superficie de las masas fermentadas y finalmente se rocía ajonjolí.

h. Horneado

Se llevó al horno rotatorio a una temperatura 160 °C por 12 minutos.

i. Enfriado

Se enfrió las muestras de pan al medio ambiente por 12 horas. Posteriormente se realizó la evaluación de producto terminado y sensorial.

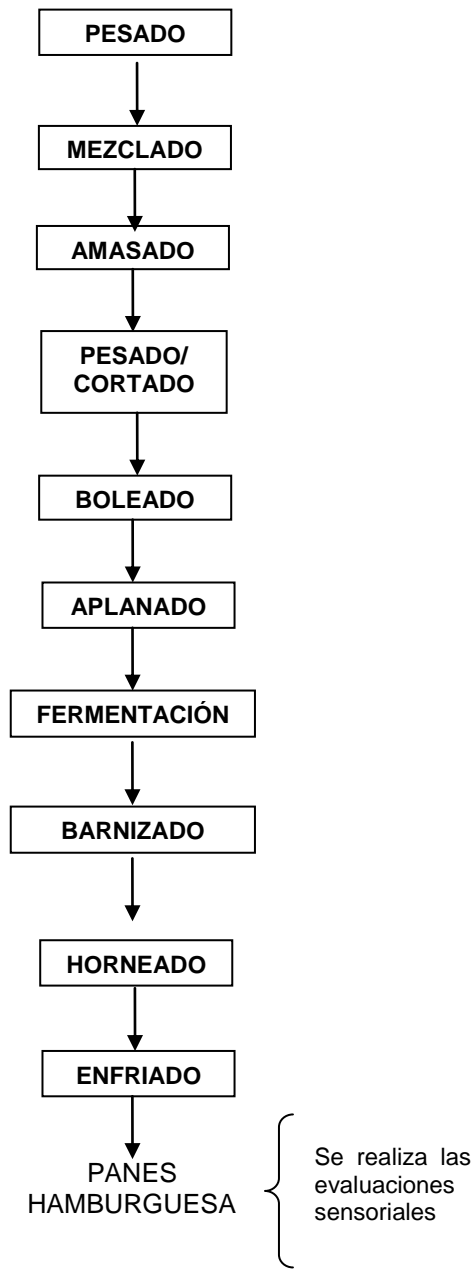


Gráfico 14

Diagrama de flujo de elaboración de pan para Hamburguesa

3.3.5 Evaluación de los productos terminados

3.3.5.1 Determinación de Volumen específico

Los productos terminados se dejaron enfriar a temperatura ambiente, luego se pesan directamente en la balanza (pp), se procede luego a la determinación del volumen por medio del desplazamiento de semilla (migo) según el principio de Arquímedes (vp). El volumen específico se determinó aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Volumen específico (ml/g)} = \frac{vp}{Pp} \dots\dots (4)$$

3.3.5.2 Evaluación sensorial

Para la evaluación de aceptabilidad se realizaron encuestas con panes frescos elaborados el mismo día (pan francés ver Anexo 4.1) y al día siguiente (pan hamburguesa ver anexo 4.2) de haber sido producido. Se conto con 15 panelistas semientrenados, para evaluar los panes francés y hamburguesa, a cada panelista se coloca todas las muestras al mismo tiempo codificadas con 3 dígitos.

3.3.6 Diseño experimental

El diseño experimental desarrollado es un diseño completamente al azar, donde el modelo estadístico es como se representa a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Se presentan 2 grupos (tipos de molino: bülher y martillo), sub grupos, nivel de sustitución (4 niveles 25, 50, 75 y 100 %) y una muestra testigo (harina comercial) que constituye 9 tratamientos en total; con 3 repeticiones en las evaluaciones

fisicoquímicas y reológicas de las harinas compuesta; con 15 repeticiones en la evaluación sensorial.

3.3.6.1 Evaluación fisicoquímica de la mezcla de harina

Son 8 tratamientos con tres repeticiones. Se evaluó:

- a) Humedad
- b) Contenido de ceniza
- c) Contenido y calidad de gluten
 - Gluten seco
 - Gluten index
- d) Tiempo de caída (falling number)

3.3.6.2 Evaluación reológica de la mezcla de harina

Son 8 tratamientos con tres repeticiones. Se evaluó:

Humedad

- a) Alveograma
 - Extensibilidad
 - Tensión
 - Equilibrio P/L
 - Fuerza panaria (W)

3.3.6.3 Evaluación fisicoquímico de los panes

Son 8 tratamientos con tres repeticiones. Se evaluó:

- a) Volumen específico

3.3.6.4 Evaluación sensorial de los panes

Se realizó el análisis sensorial para diferenciar entre los tratamientos. Los atributos sensoriales evaluados fueron: color y textura de corteza, distribución de alveolos, color y textura de miga, sabor y aceptabilidad del pan en general, dando un valor a la escala hedónica con cinco niveles de calificación. Los criterios tomados en la calificación fueron los siguientes:

- a) Color de corteza:** Uniforme, dorado brillante.

- b) Textura de corteza:** crujiente y seca (pan francés); firme y suave, no quebradiza y ni desmenuzable al coger con las manos (pan para hamburguesa)

- c) Distribución alveolar:** uniformidad del alveolado y diámetro.

- d) Color de miga:** blanco cremoso uniforme.

- e) Textura de miga:** suave, elástica, ligeramente húmeda.

- f) Sabor:** característico, agradable y sabor ligeramente salado, no ácido.

- g) Aceptabilidad:** aprobación general del pan.

3.3.6.5 Análisis estadístico

En caso de las variables químicas y reológicas (alveograma), para determinar la existencia de diferencia significativa entre los tratamientos, a través de análisis de

varianza (ANVA). Para las posibles diferencias estadísticas producidas entre tratamientos, se utilizó la prueba de Dunnett con un nivel de confianza del 95%.

En la evaluación de volumen específico y sensorial se evaluó estadísticamente, las variables a través del análisis de varianza ANVA y la diferencia entre medias se calculó utilizando la prueba de comparaciones múltiples de Duncan con un nivel de confianza de 95%.

3.4 METODOLOGÍA DE PROCESO

La metodología seguida en la investigación se muestra en la Gráfica 15.

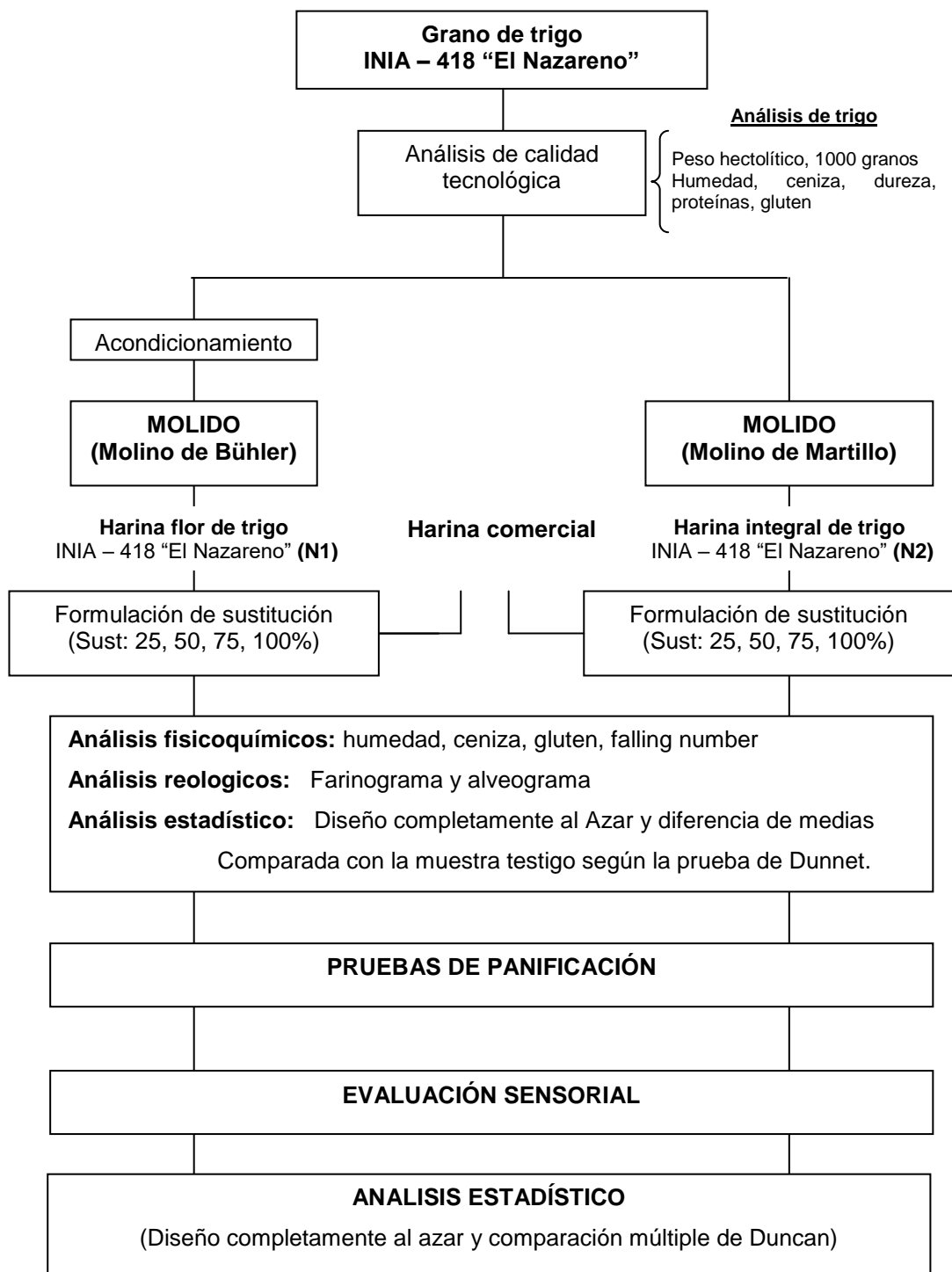


Gráfico 15

**Diseño experimental de la sustitución de harina comercial por harina de Trigo
INIA - 418 "El Nazareno"**

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DEL TRIGO

Como se planteó en la metodología, se evaluaron algunas propiedades fisicoquímicas del trigo INIA – 418 “El Nazareno”. Los resultados fueron comparados con las características fisicoquímicas del trigo importado (variedad “*Hard Red Winter*”) el cual posteriormente fue usado para la elaboración de la harina testigo, y con las características fisicoquímicas promedio del trigo peruano de la zona sur establecidas en el **Informe Final ICCT 2008/2009**. Dicha comparación se presenta en la tabla 20.

Tabla 20

Análisis fisicoquímico comparativo del trigo (*Triticum aestivum* ssp) INIA-418 respecto al trigo importado y el trigo peruano.

	Trigo INIA - 418	Trigo ^(a) importado	Trigo Peruano ^(b) (Zona Sur)
Peso hectolítrico (Kg/hl)	76,57	81,7	81,1
Peso 1000 granos (g)	49,43	30,44	51,91
Humedad (%)	13,95	11,00	12,27
Ceniza ss (%)	1,31	1,74	1,71
Proteína ss (%)	13,65	11,00	13,10
% Dureza	56,00	-	-

(a) Trigo importado evaluado en laboratorio de control de calidad _ Alicorp (Junio 2011)

(b) Informe final ICCT 2008/2009

a. Peso hectolítrico

Con respecto al peso hectolítrico tiene 76,57 Kg/hl, valor significativamente menor al trigo importado y peruano; el peso hectolítrico es un índice aproximado del rendimiento molinero. Según **Ortiz (2000)** a peso hectolítrico alto el rendimiento de la molienda es elevado. **Martínez (2004)** también señala que un peso hectolítrico bajo implica rendimiento bajo. Según la norma **NTP 205.013:1979 (Revisada el 2011)** el trigo INIA – 418 correspondería a Grado 2. Según **Ibáñez (1985)** se trata de un trigo de gluten débil pues para trigos de gluten débil se tiene un valor máximo de 78 Kg/hl.

b. Peso de 1000 granos

En peso de 1000 granos, el trigo INIA – 418 es significativamente mayor al trigo importado con 49,43 g. Según **Martínez (2004)** el peso de 1000 granos de trigo expresado en gramos es una función del tamaño y densidad del grano, los trigos de más peso de 1000 granos son preferidos. Comercialmente en los laboratorios de control de calidad de harinas optan por trigos de 25 g /1000 granos como mínimo.

c. Humedad

Con respecto a la humedad el Trigo INIA – 418 presenta el valor más alto (13,95 %) pero que está dentro del parámetro determinado por **Martínez (2004)** que es de 14%.

d. Ceniza

En el caso de la ceniza, el trigo INIA 418 tiene menor contenido con respecto al trigo importado y trigo peruano, obteniendo un valor de 1,31. Según **Martínez (2004)** está dentro del rango normal pues los trigos normalmente contienen de 1,4

a 2,0 % de ceniza, el contenido de ceniza en el trigo se relaciona directamente con la cantidad de cáscara en el trigo y tiene relación inversa en el rendimiento de la harina.

e. Proteínas

En proteínas el trigo INIA – 418 tiene 13,65 %, el cual es mayor que el contenido del trigo importado y cercano al trigo peruano. Este valor es característico en trigos peruanos según **informe final ICCT 2008/2009** indicando que el suelo peruano tiene buenas características para producir trigos de alto contenido proteico.

f. Índice de dureza

Se evaluó solo para el trigo INIA – 418 “El Nazareno”, que de acuerdo a los resultados, tiene una dureza de 56 %. Según **Calaveras (1996)** con este índice tiende a ser un trigo blando. Según **Luna (2008)**, **Peña (2002)** y **Calaveras (1996)** la dureza tiene influencia en el procesamiento de los granos y la calidad de panificación de la harina, pues mientras más duro sea el grano del trigo, mayor almidón dañado se generará en la molienda. **Gambarotta (2005)** indica que la dureza está relacionada con la resistencia mecánica a la rotura.

4.2 OBTENCIÓN DE HARINA

De acuerdo a la metodología, se obtuvo dos tipos de harinas: harina flor codificado como **N1** y harina integral como **N2**. La harina flor se obtuvo por la molienda en un molino Bühler de laboratorio que permite obtener características parecidas a las obtenidas por un molino comercial (**Ibáñez, 1985**). La harina integral se obtuvo por molienda en el molino de martillo.

Para la molienda en molino de Bühler, el trigo INIA – 418, se acondicionó a 16 %, por adición de agua, como se indica en la Tabla 21.

Tabla 21
Condiciones de acondicionamiento del trigo INIA - 418

CARACTERÍSTICAS	VALOR
% Humedad inicial	13,95
% Humedad final	16,00
ml de Agua requerida (4Kg de trigo)	97,60

Fuente: Elaboración propia, acondicionamiento en laboratorio de Molino Callao - Julio 2011

El grano fue recibido con un contenido de humedad de 13,95% se acondicionó en recipientes con 4 Kg de trigo, se agregó 97,60mL de agua, calculado con la fórmula 3 de Materiales y Métodos, y se dejó en reposo por 12 horas, tiempo en el que el grano alcanza una humedad de 16%. El proceso de acondicionado se realiza debido a que durante el proceso de molturación existe una pérdida de humedad de 1% aproximadamente. Según **Ferreras, (2008)** y **Desrosier, (1998)** cuando es acondicionado en forma adecuada, el salvado y el germen se desprenden en trozos relativamente grandes y las partículas molidas del endospermo pueden separarse con facilidad de ellos.

La Tabla 22 muestra el rendimiento obtenido por ambos tipos de molienda.

Tabla 22
Rendimiento según el tipo de molienda

		Rendimiento (%)
Harina flor	N1	78,46
Harina integral	N2	98,17

Donde el molino de martillo presenta mayor rendimiento, por ser una molienda integral del grano de trigo, mientras en el molino Bühler la molienda se realiza solo

del endospermo, separándose el salvado debido al acondicionamiento previo y los tamices del molino. Los rendimientos obtenidos están dentro de los parámetros que menciona **Ibáñez (1985)**.

4.3. ALMIDÓN DAÑADO

Los resultados de almidón dañado se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23
Resultados de almidón dañado según el tipo de molino

MUESTRAS	Alm, Dañado* (%)	AACC 76 – 31** (%)
Harina Flor N1	88,87	2,00
Harina integral N2	94,78	5,37

* % de almidón dañado con respecto al total de almidón contenido en el trigo

** % de almidón dañado en unidades según la metodología AACC 76-31

La muestra de harina N1 obtenida del molino Bühler tiene 2,00% de almidón dañado siendo menor con respecto a la harina N2 con 5,37 %, se deduce que el molino de Martillo daña en mayor cantidad el almidón. Según **Ferreras (2008)** si mayor es el trabajo mecánico, mayor es la producción de almidón dañado, siendo también afectado por la dureza del grano. La harina N2 está dentro del rango de % de almidón dañado indicado por **Chopin (2002)**. En el gráfico 16 se observa que la Harina N2 es próxima al parámetro comercial, pues los laboratorios de Control de Calidad de harinas considera optimo el rango de 5% +/- 0,5.

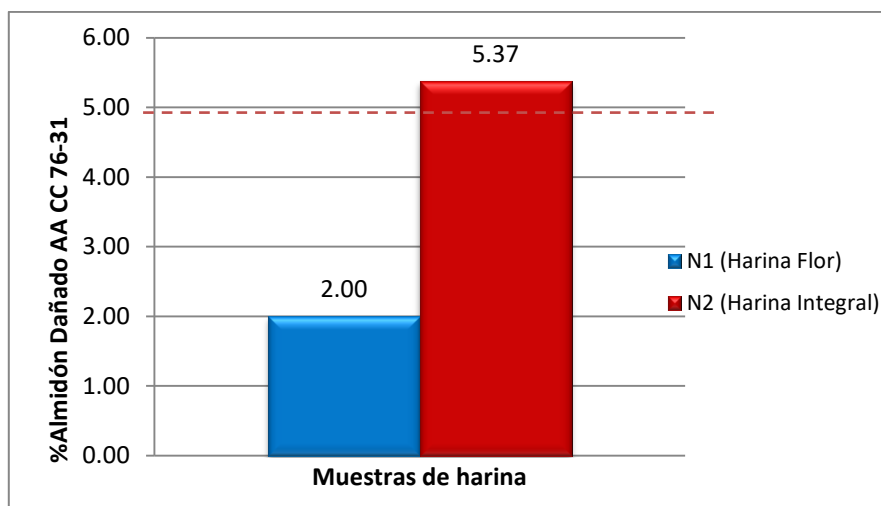


Gráfico N° 16

Comparación de % de almidón dañado del trigo INIA – 418 según el tipo de molino

4.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS HARINAS

4.4.1 Determinación de propiedades físicas y químicas

En la tabla 24 se reporta los resultados de la caracterización física y química de las harinas puras sin aditivización.

Tabla 24

Análisis fisicoquímico de las harinas obtenidas

ANÁLISIS	MUESTRAS DE HARINA		
	Testigo (TI)	N1 (Harina Flor)	N2 (Harina Integral)
Humedad de Harina (%)	14,10	13,60	13,50
Ceniza (b, s,)	0,47	0,44	1,24
Proteínas	9,50	10,82	13,26
Gluten Seco (%)	8,50	9,33	8,62
Índice (%)	96,95	86,38	72,97
Falling number	394,00	244,00	219,00

a. Humedad

En cuanto al contenido de humedad todas las muestras de harina reportan valores menores al 15%. Según las especificaciones **INTINTEC 205.027** no debe exceder dicho valor.

b. Ceniza

El contenido de ceniza de la harina N1 es de 0,44%, menor a la harina comercial y la harina N2 que contiene 1,24% de ceniza, como muestra la gráfica 17. Según **Ortiz (2000) y Quaglia (1991)** es por el grado de extracción ya que las cenizas proceden de las partes exteriores y cuanto mayor es la extracción, menor es la concentración de ceniza.

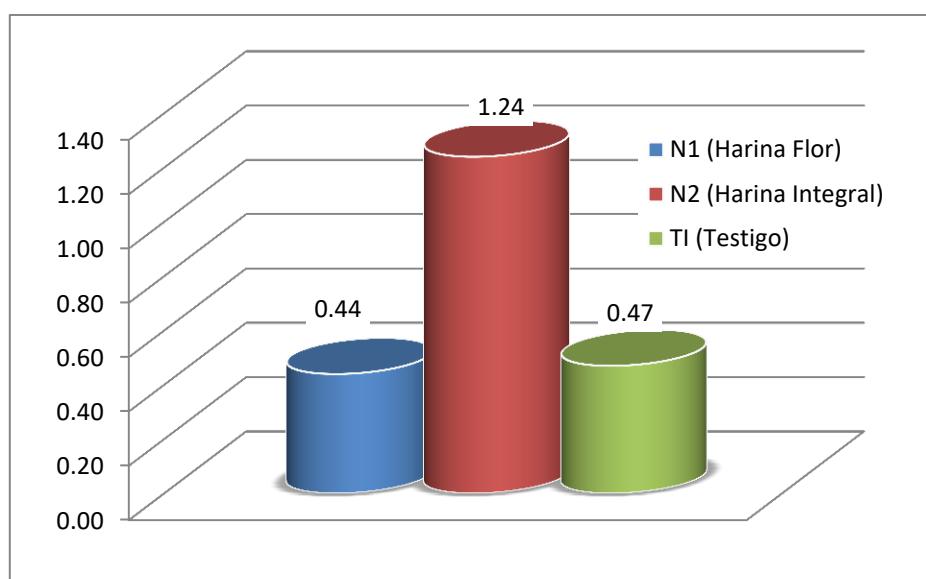


Gráfico 17
Contenido de ceniza (% s.s.) en las muestras de harinas

Analizando los resultados obtenidos de ceniza y según **Calaveras (1996)**, se clasifica a las harinas de la siguiente manera: las harinas TI y N1 de tipo T- 45 (Panes especiales) y la harina N2 de tipo T - 100 (Pan integral). Y según las especificaciones **INTINTEC 205.27**, las harinas obtenidas se clasifican como: harina TI y N1 tipo especial, y la harina N2 tipo popular.

c. Proteínas

Respecto al contenido de proteínas la harina integral tiene un valor mayor (13,26%) con respecto a las harinas TI y N1 como se observa en el gráfico 18. Según

Stanley et al. (2002), las harinas oscuras como las integrales tienden a tener un contenido de proteína más alto que las harinas blancas.

Evaluando el valor de proteínas y según Calaveras (2004) citado por **Pillaca (2009)**, las harinas TI y N1 clasifican como harina de mediana fuerza, mientras la harina N2 corresponde a una harina de gran fuerza.

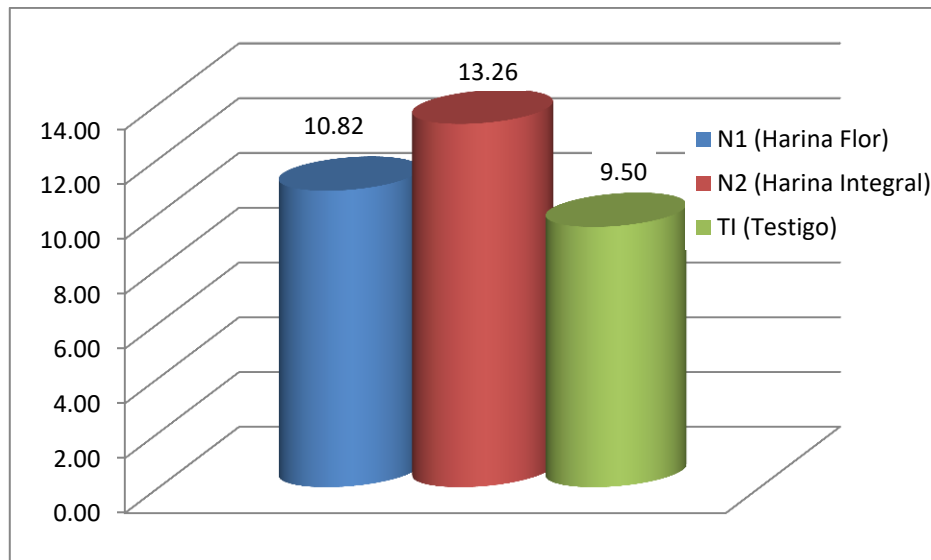


Gráfico 18
Contenido de proteínas (%) en las muestras de harinas

d. Gluten

En cuanto al contenido de gluten, la harina testigo (TI) tiene 8,50% de gluten, valor menor con respecto a las otras muestras de harinas, la harina N1 tiene 9,33% y harina N2 tiene 8,62%.

De acuerdo a los resultados la harina TI, N1 y N2 es una harina de panificación de gluten limitado, Según **Calaveras (1996)** el rango de 8,5% a 9,5% es de gluten limitado.

e. Índice

Pero el contenido de gluten no es único valor de calidad de harina, también se debe tener en cuenta la calidad de gluten (INDEX). Los resultados se presentan en el gráfico 19, mostrando diferencias entre las tres muestras,

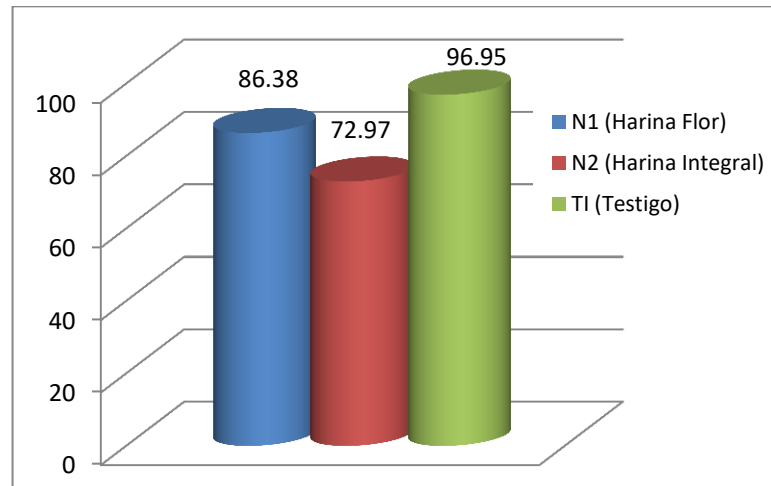


Gráfico 19

Resultados de INDEX (%) en las muestras de harinas

La harina importada tiene 96,95% de index, siendo mayor con respecto a las otras muestras, la harina N1 (86,38%) y la harina N2 (72,97%). Se deduce que la harina N2 obtenido del molino de martillo tiene menor calidad de gluten con respecto al molino de Bühler. Según **Rosada (2010)** el nivel de salvado que contenga la harina afectara la calidad, pues el salvado interfiere en la formación del gluten y conduce generalmente a una masa con menor fuerza.

El INDEX de la harina N1 presenta un valor mayor con respecto a los trigos peruanos que se encuentran entre 74% a 82% de index, según **Informe final ICCT 2008/2009** (Anexo 11).

f. Falling number

En el grafico 20 se reportan los resultados de Falling number de las tres muestras de harina, donde la harina comercial (TI) presenta poca actividad enzimática (394s). Las empresas productoras buscan obtener harinas de poca actividad enzimática para asegurar un largo periodo de conservación en el producto. Las harinas N1 (244s) y N2 (219s) presentan alta actividad enzimática, **Martínez (2004)** dice que la actividad amilásica en la harina de trigo debe ser mínima de 300. Por tanto, las harinas N1 y N2 están por debajo del rango.

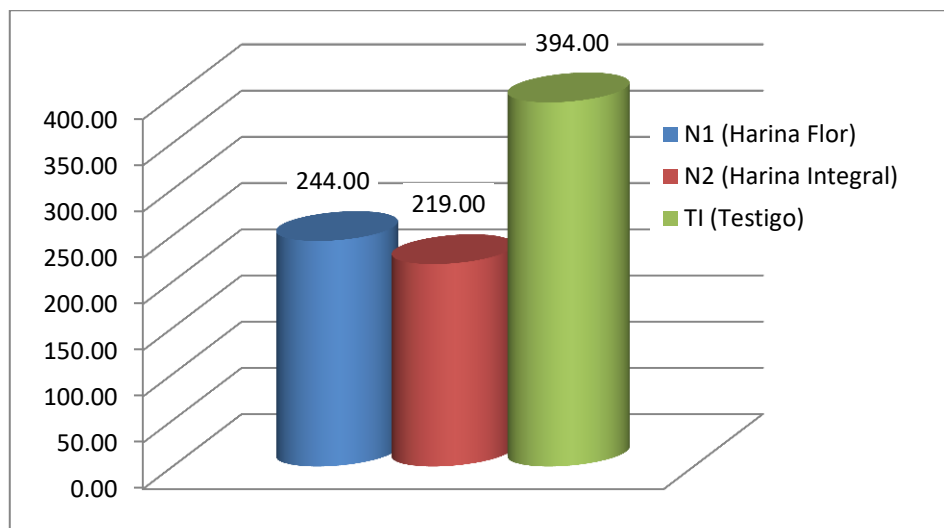


Gráfico 20

Resultados de Falling number (seg) de las muestras de harinas

4.4.2 Determinación de propiedades reológicas

Las características reológicas de las harinas puras sin aditivización fueron evaluadas mediante los análisis de farinograma y alveograma, con el objetivo de determinar las calidades de las harinas, los resultados se presentan en las Tablas 25 y 26.

4.4.2.1 Análisis farinográficos

En este análisis se determinó los tres parámetros más importantes de las harinas, que son registrados en la tabla 25, cuyos resultados se analizan y discuten a continuación.

Tabla 25
Análisis farinográfico de las harinas obtenidas

ANALISIS	MUESTRAS DE HARINA		
	Testigo (T1)	N1	N2
Absorción farinográfica (%)	56,0	64,6	67,8
Estabilidad farinográfica (min)	13,00	9,90	5,10
Desarrollo farinográfica (min)	2,00	5,70	2,20

a. Absorción farinográfica

Los resultados muestran que la mayor absorción de agua es en la harina N2, debido al contenido elevado de salvado, Según **Stanley et al. (2002)** el contenido de pentosanos (hemicelulosa) en las harinas blancas está entre los niveles 2-3 % y en las integrales de hasta 10%, las cuales tienen una gran capacidad de unión con el agua y pueden en realidad ser responsables de absorber hasta una tercera parte del agua en la masa.

La absorción de la harina N1 es 64,6%, siendo de mayor a la harina testigo, según **Martínez (2004)** las harinas con mayor absorción son preferidas por el rendimiento de pan y la suavidad de la miga de pan.

b. Estabilidad y desarrollo farinográfico

En el grafico 24 se muestra la representación gráfica de la altura alcanzada por las tres masas durante la estabilidad y desarrollo de la masa, observándose notorias diferencias.

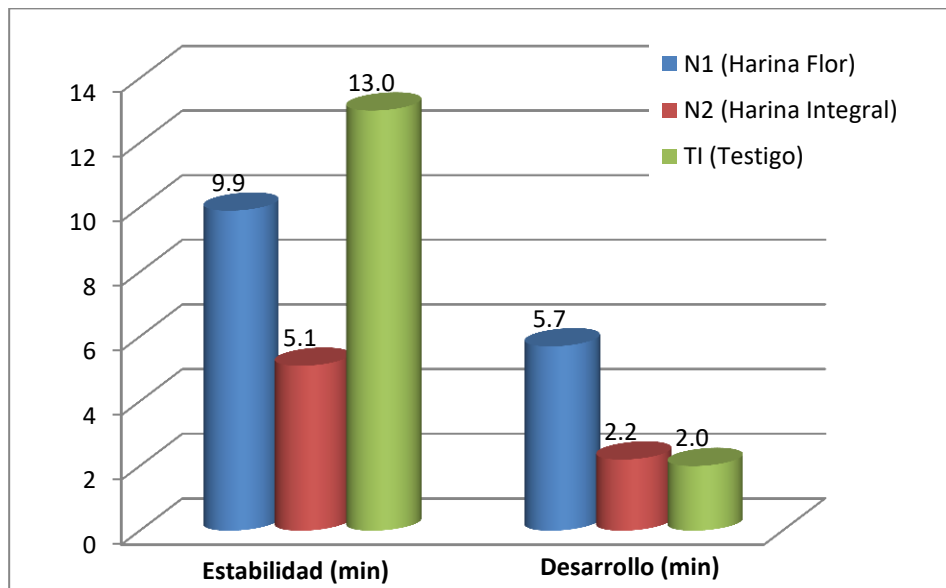


Gráfico 21

Comparación de estabilidad y desarrollo farinográfico de las muestras de harinas obtenidas

Respecto a la estabilidad farinográfica la harina TI (13,0 min) es una harina fuerte ideal para panificación y la harina N1 (9,9 min) es considerada una harina intermedia o aceptable, según los rangos de **Martínez (2004)** y **Othón (2003)**.

El tiempo de desarrollo de la harina N1 es de (5,7 minutos), mayor con respecto a las otras harinas, valor que confirma la calidad proteica, pues las harinas fuertes requieren tiempo de desarrollo más largos que las harinas flojas (**Benedito, 1994 citado por Osorio, 2009**). La harina N2 de tiempo de desarrollo 2,2 minutos, se considera una harina panificable pues según **Martínez (2004)** el tiempo de desarrollo es de 2 a 3 minutos como mínimo.

4.4.2.2 Análisis alveográficos

Este análisis determina cuatro parámetros importantes de las harinas los cuales son registrados en la Tabla 26.

Tabla 26

Análisis Alveográficos de las harinas obtenidas

ANÁLISIS	MUESTRAS DE HARINA		
	Testigo (TI)	N1	N2
TENACIDAD (P) mm	98	84	140
EXTENSIBILIDAD (L) mm	79	51	17
EQUILIBRIO P/L	1,24	1,65	8,24
FUERZA (W) x 10 E-4 J	290	156	108

Los resultados alveográficos de la harina N1 son característicos en los trigos peruanos de zona sur, según **Informe final ICCT 2008/2009**.

a. Tenacidad y extensibilidad alveográfico

Las tres muestras de harinas son de característica tenaz (ver gráfico 22), por ser mayor a 60 mm según señala **Calaveras (1996)**. La harina N2 presenta mayor tenacidad (140 mm) con respecto a las otras harinas, por lo cual el levantado de la masa será mínimo como señalan **Mesas y Alegre (2002)**.

El gráfico 22 muestra que la harina TI (79 mm) presenta débil extensibilidad y las otras dos muestras de harina (N1 y N2) son de baja extensibilidad. Según indica **Calaveras (1996)** entre 70 a 90 mm son harinas de débil extensibilidad, harinas menores a 50mm son de baja extensibilidad y **Alvarado y Aguilar (2001) citado por Pillaca (2009)** sostienen que la extensibilidad está relacionada con la capacidad de retención de gas durante la fermentación.

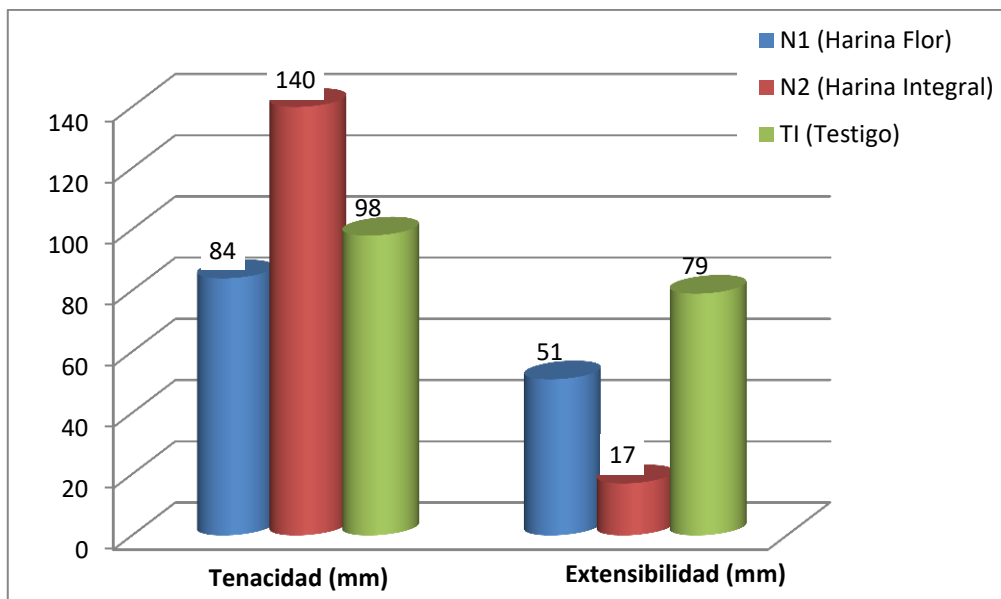


Gráfico 22

Comparación de tenacidad y extensibilidad alveográfica de las muestras de harinas obtenidas

b. Equilibrio P/L

En el gráfico 23 se muestra los valores de equilibrio P/L de las tres muestras, observándose gran diferencia entre la harina N2 con respecto a las otras dos harinas.

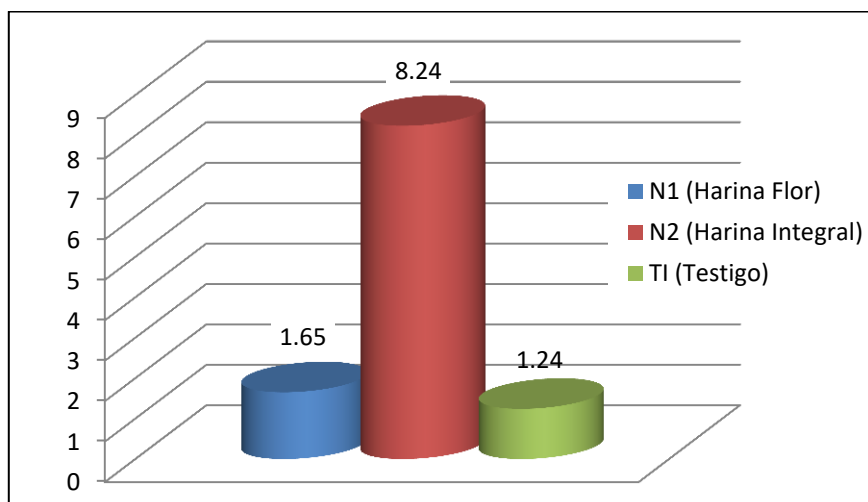


Gráfico N° 23

Resultados de la relación P/L alveográfica de las muestras de harinas obtenidas

La harina N1 tiene una relación P/L (1,65) muy cerca al rango óptimo para una harina de elevada fuerza, como señala **Calaveras (1996)** (rango de 0,8 – 1,5). La harina N2 con 8,24 presenta elevada tenacidad el cual influye en el volumen del pan. Cabe recalcar que la elevada tenacidad está influenciada con el grado de almidón dañado como señala **Luna (2008)** y **Calaveras (1996)** que a mayor daño de almidón genera un aumento de la tenacidad de la masa y una disminución de la extensibilidad.

c. Fuerza alveográfica (W)

El gráfico 24 muestra la comparación de fuerza panaria que presentan las tres muestras harina obtenidas.

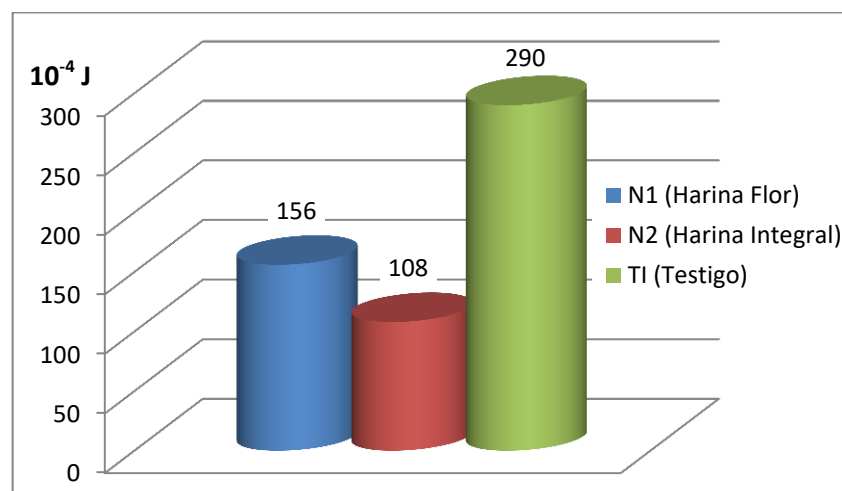


Gráfico 24

Resultados de la fuerza (W) alveográfico de las muestras de harinas obtenidas

La harina N1 presenta 156×10^4 J de fuerza panaria y es considerada una harina de mediana fuerza, **Calaveras (1996)** señala que los valores entre 150 Y 200 son de media fuerza, la cual se pueden corregir con la mezcla de las harinas fuertes, como la harina TI.

4.5 ANALISIS DE MEZCLAS DE HARINAS

Las mezclas de la harina comercial por la harina de trigo (*Triticum aestivum ssp*) **INIA – 418 “El Nazareno”**, fueron realizadas de acuerdo a la metodología planteada (Ver Tabla 17). A continuación se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos y reológicos de las harinas compuestas.

4.5.1 Determinación de propiedades fisicoquímicos de las harinas compuestas

Las harinas compuestas se obtuvieron reemplazando a la harina testigo con diferentes porcentajes de las harinas a ensayar, desde 25 % hasta 100% de sustitución, a fin de utilizarlas en la elaboración de panes.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a los 8 tratamientos y el testigo se presentan a continuación:

Tabla 27
Análisis fisicoquímica de las Harinas compuestas

ANALISIS	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
Humedad de harina (%)	14,78	14,37	14,10	13,80	13,62	14,36	14,77	13,72	13,50
Ceniza (b. s.)	0,65	0,53	0,52	0,51	0,44	0,64	0,87	1,03	1,30
Gluten seco (%)	10,78	10,58	10,48	10,11	9,33	10,32	9,94	9,40	8,63
Índex (%)	96,97	93,41	91,96	86,55	86,42	82,87	81,98	77,38	72,42
Falling number	426	349	298	265	245	303	260	241	219

Como se observa la tabla 27 las características fisicoquímicas se modifican conforme aumenta el nivel de sustitución, de forma que si el factor analizado es mayor en la harina a ensayar que en la harina testigo, el contenido de este factor aumenta conforme se incrementa el nivel de sustitución. Por el contrario, si el factor está en menor cantidad el contenido en la harina sustituida será cada vez menor conforme aumenta el porcentaje de sustitución.

a. Humedad

En el caso de la humedad las dos harinas evaluadas (N1 y N2), la humedad es menor que la harina testigo (TI), por tanto conforme aumenta la sustitución la humedad de la harina compuesta disminuye.

b. Ceniza

En cuanto a las cenizas, cuando se incrementa el porcentaje de sustitución de la harina flor (N1), el contenido de ceniza disminuye. Mientras que la harina integral (N2) por tener mayor contenido de cenizas que la harina TI, el contenido de las mezclas aumenta conforme aumenta el porcentaje de sustitución (ver gráfico 25). La harina N2 con 25% de sustitución no tiene diferencia significativa con la harina testigo según prueba de Dunnet (Anexo 3.1).

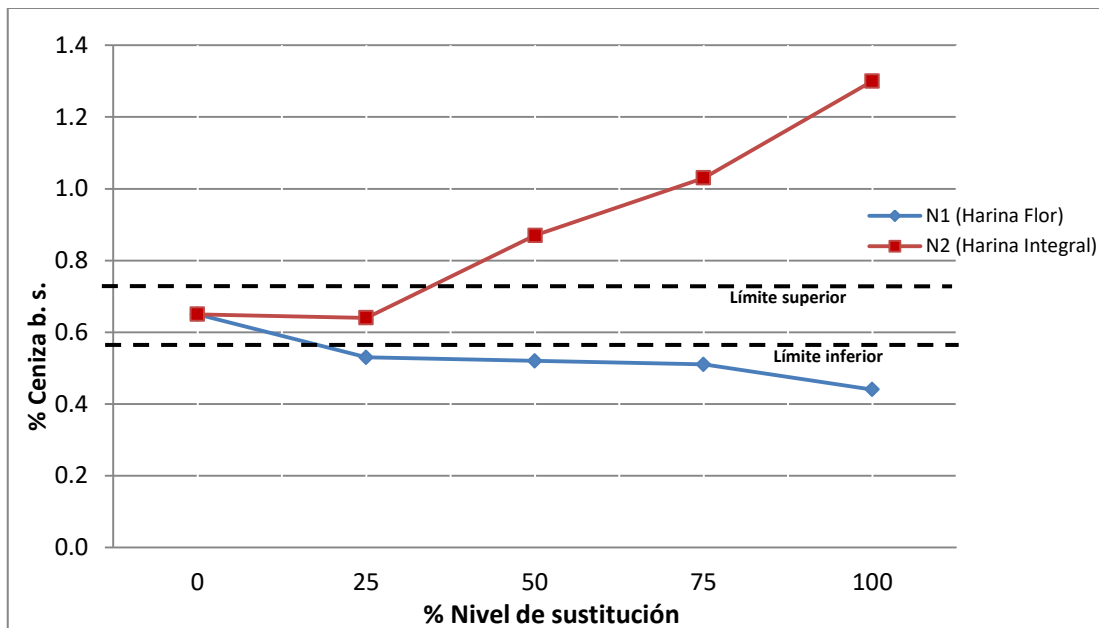


Gráfico 25

Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de Trigo INIA – 418 sobre la concentración de ceniza

c. Gluten

Con respecto al contenido de gluten, la sustitución con ambas harinas (N1 y N2) provoca la disminución de la proteína, a medida que aumenta el nivel de sustitución, Según prueba de Dunnet (Anexo 3.1), la harina N1 con 25% de sustitución no tiene diferencia significativa con la harina testigo.

Según **Calaveras (1996)** el rango normal debe ser de 9,5% a 11,5% (líneas negras horizontales), cumpliendo estas especificaciones: la harina N1 hasta 75% de sustitución y harina N2 hasta un 50% de sustitución. Pero en los laboratorios de control de calidad de harinas para la obtención de una buena harina panadera comercialmente se debe tener como mínimo 10% de gluten seco **Martínez (2004)**. En el gráfico 26 se observa que la mezcla sustituida con harina N1 hasta un 75% cumple con la especificación, mientras que la mezcla sustituida con N2 sólo cumple la especificación con nivel de sustitución de 25%.

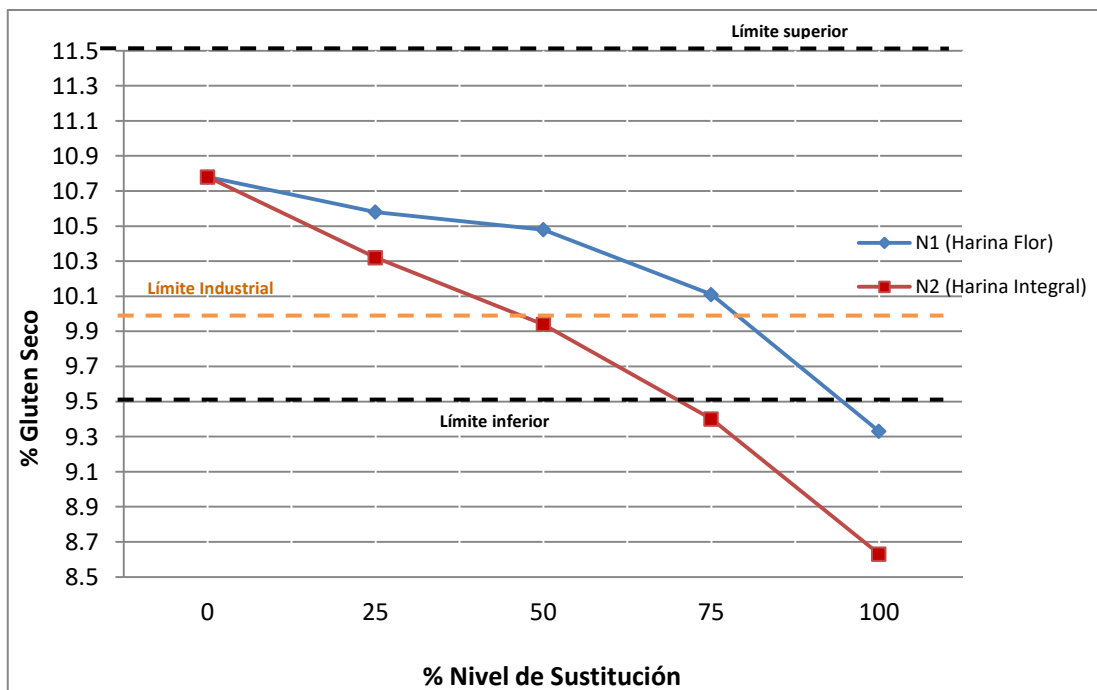


Gráfico 26

Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de Trigo INIA – 418 sobre el contenido de Gluten seco (%)

d. Índice

Comercialmente en control de calidad de harina se permite un mínimo de 90% de Índice pues **Martínez (2004)** afirma que las harinas con deficiencia en la calidad o cantidad del gluten ocasionan una pobre capacidad de retención de gas en la masa por su baja tenacidad y extensibilidad. Lo ideal es que la relación tenacidad – extensibilidad esté bien equilibrada. Del gráfico 27 y resultados estadísticos, se obtiene que la harina N1 hasta un nivel de sustitución 50% no tienen diferencia significativa con respecto a la harina TI, es óptima para su uso en la panificación.

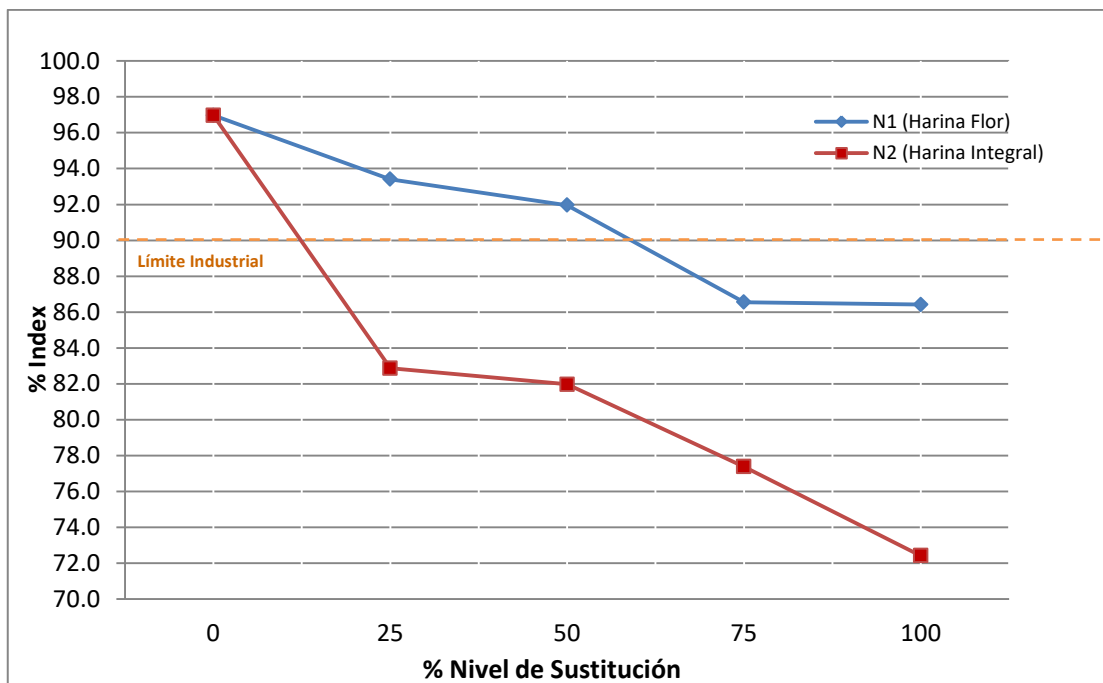


Gráfico 27

Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de Trigo INIA – 418 sobre la calidad de gluten (INDEX)

Las harinas sustituidas con harina N2 no cumplen con el requisito. Sin embargo las características fisicoquímicas de las harinas deben ser corroboradas con los valores reológicos y de panificación. Según prueba de Dunnet (Anexo 3.1), la harina N1 con 25 y 50 % de sustitución no tiene diferencia significativa con la harina testigo.

e. Falling number

El valor de falling number mide la actividad α -amilásica en el almidón de la harina, Esta enzima rompe las cadenas del almidón dejando los azúcares libres para ser alimento de las levaduras **Gambarotta (2005)**. El gráfico 28 muestra los cambios en la actividad amilásica cuando se incrementan los niveles de sustitución.

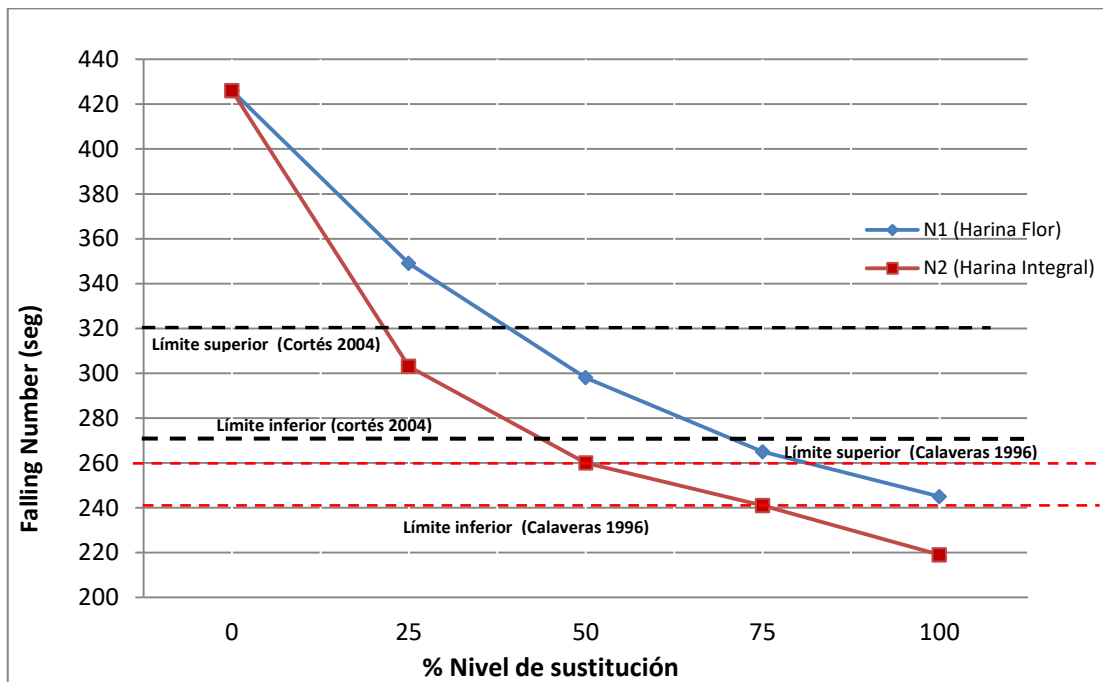


Gráfico 28

Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de Trigo INIA – 418 respecto a la actividad amilásica

La harina N1 con sus respectivas sustituciones y la harina N2 hasta 75% de sustitución se encuentra dentro del parámetro mencionado por **Calaveras (1996)**, donde la actividad amilásica normal, está entre 240 y 260 s, para elaborar un buen pan, e **Ibáñez (1985)** confirma este concepto. Por otro lado las harina N1 con 50% de sustitución y N2 con 25% de sustitución, no presentan diferencias significativas, ambas se encuentran dentro del parámetro según las especificaciones de **Cortés (2004)** citado por **Osorio et al. (2009)**. Según la prueba de Dunnett todas las sustituciones presentan diferencia significativa con respecto al testigo.

4.5.2 Determinación de propiedades reológicas

4.5.2.1 Farinograma de las harinas compuestas

De este análisis determinamos tres parámetros absorción, estabilidad y desarrollo Farinográfica como se presenta en la Tabla 28 de forma resumida y las gráficas 29 y 30, muestran los resultados de las pruebas farinográficas. Se deduce que el nivel de sustitución afecta los parámetros farinográficos de las harinas.

Tabla 28
Análisis farinográficos de las harinas compuestas

ANÁLISIS	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
Absorción farinográfica (%)	60,10	61,9	62,1	63,3	64,6	63,3	64,2	66,7	67,8
Desarrollo farinográfica (min)	7,80	7,80	6,80	6,50	5,70	5,90	4,60	3,00	2,20
Estabilidad farinográfica (min)	13,90	10,00	9,20	9,50	9,90	9,30	7,60	5,60	5,10

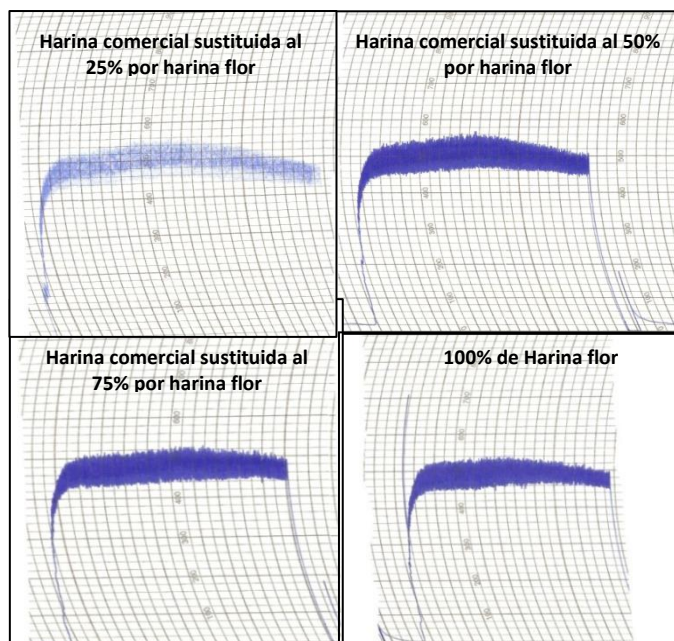


Gráfico 29

Resultados farinográficos de la sustitución de harina comercial por harina N1

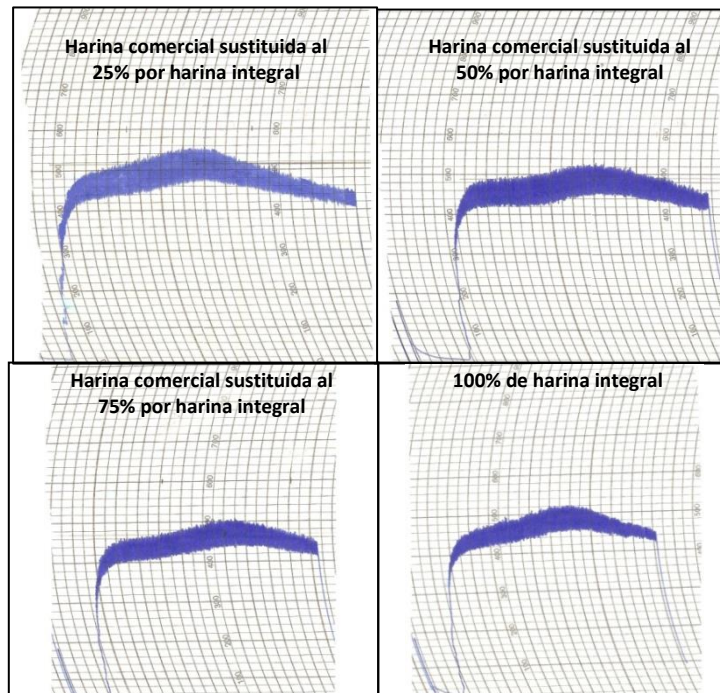


Gráfico 30

Resultados farinográficos de la sustitución de harina comercial por harina N2

a. Absorción farinográfica de las harinas compuestas

En el gráfico 31 se presenta los resultados de absorción de agua según el nivel de sustitución. Se observa que si la sustitución aumenta, la absorción de agua también aumenta.

Los resultados muestran que las harinas N1 con 50% de sustitución y harina N2 aproximadamente 20% de sustitución, son de absorción normal a las harinas panaderas, según **Benedito 1994** citado por **Osorio et al. (2009)** los valores de absorción se encuentran entre 59 – 62%.

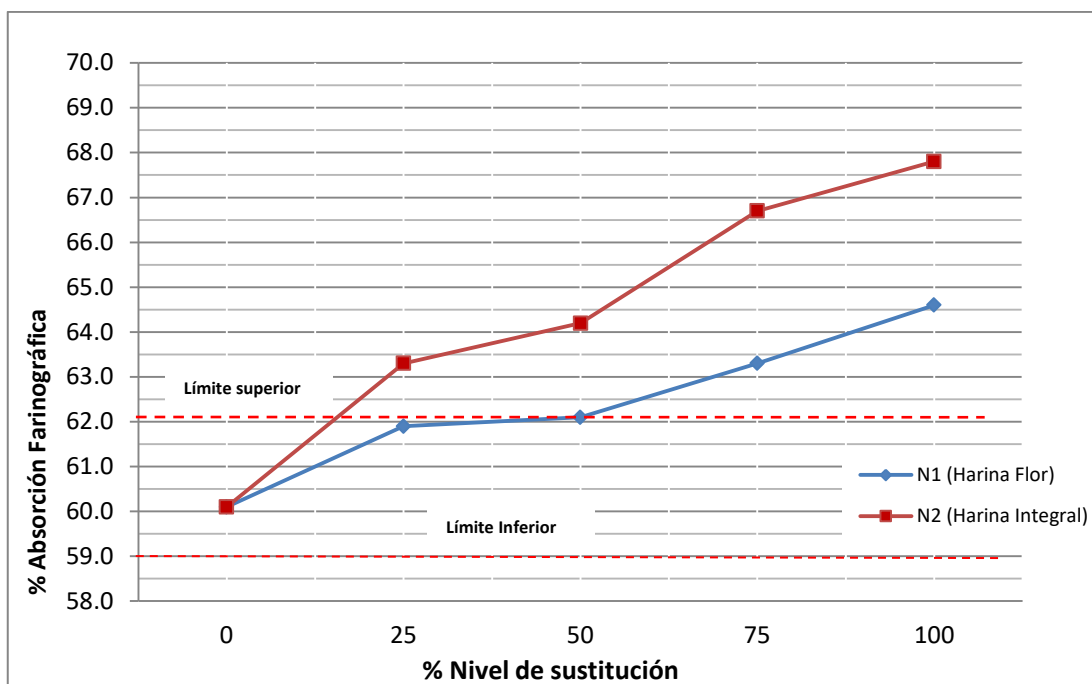


Gráfico N° 31

Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de Trigo INIA – 418 sobre la absorción farinográfica

Las harinas compuestas N2, presentan mayor absorción de agua con respecto a las harinas compuesta N1. El nivel de absorción de agua por una harina es influenciado por varios factores entre ellos: el *grado de almidón dañado* afecta la absorción, sostienen **Luna (2008)**, **Calaveras (1996)** y **Bernabé (2009)** la absorción de agua se incrementa en una harina al dañar más el almidón; también la *concentración de salvado* en la harina afecta la absorción de agua, **Stanley et al. (2002)**, y por último *la tenacidad* como indican **Calaveras (1996)** y **Martínez (2004)** si una masa es más tenaz que otra, necesitara más agua para obtener la consistencia habitual.

b. Desarrollo farinográfica de las harinas compuestas

En cuanto al tiempo de desarrollo de la masa los resultados obtenidos (gráfico 32) presentan una tendencia clara a decrecer a medida que aumenta el nivel de sustitución, El tiempo de desarrollo de la harina N1 con 25% y 50% de sustitución

son cercanas a la harina TI, ambas harinas compuestas están dentro del límite que señala **Martínez (2004)**.

Las harinas sustituidas con harina N1 tienen el tiempo de desarrollo farinográfico mayor a las harinas compuesta con N2, **Benedito (1994)** citado por **Osorio (2009)** menciona que las harinas fuertes requieren tiempo de desarrollo más largos que las harinas flojas.

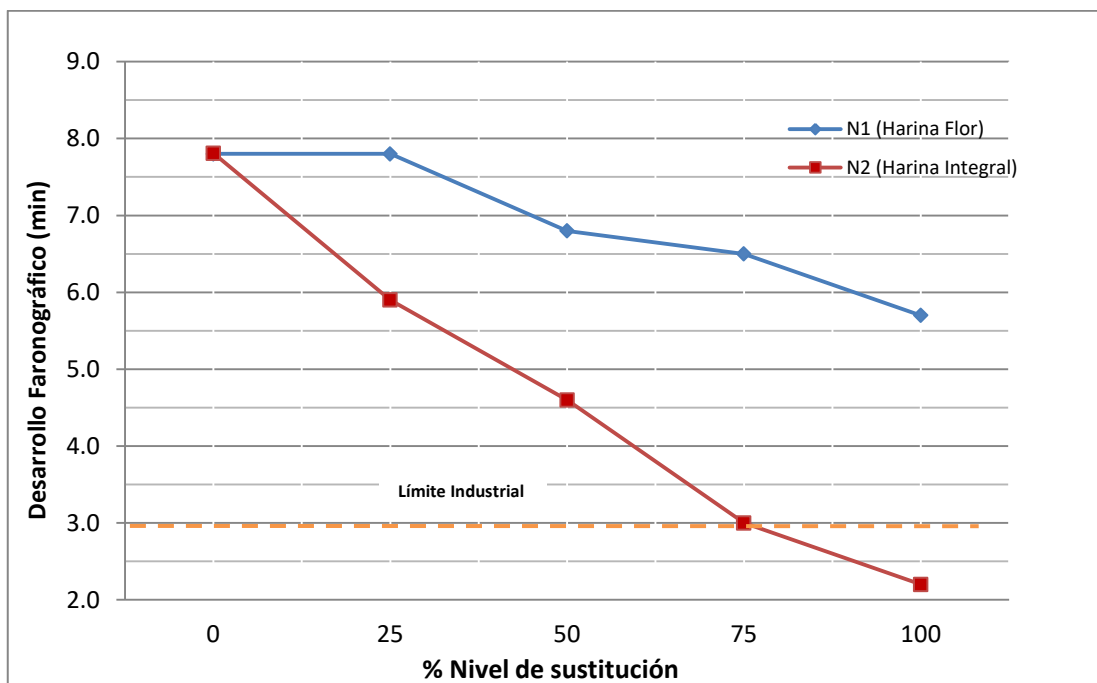


Gráfico 32

**Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de trigo
INIA – 418 con respecto al desarrollo farinográfico**

c. Estabilidad farinográfica de las harinas compuestas

En el gráfico N°33 se presenta los resultados de la estabilidad farinográfica, donde muestra que la estabilidad tiende a decrecer, es decir a mayor sustitución, menor estabilidad, lo que significa que el gluten se debilita y pierde fuerza.

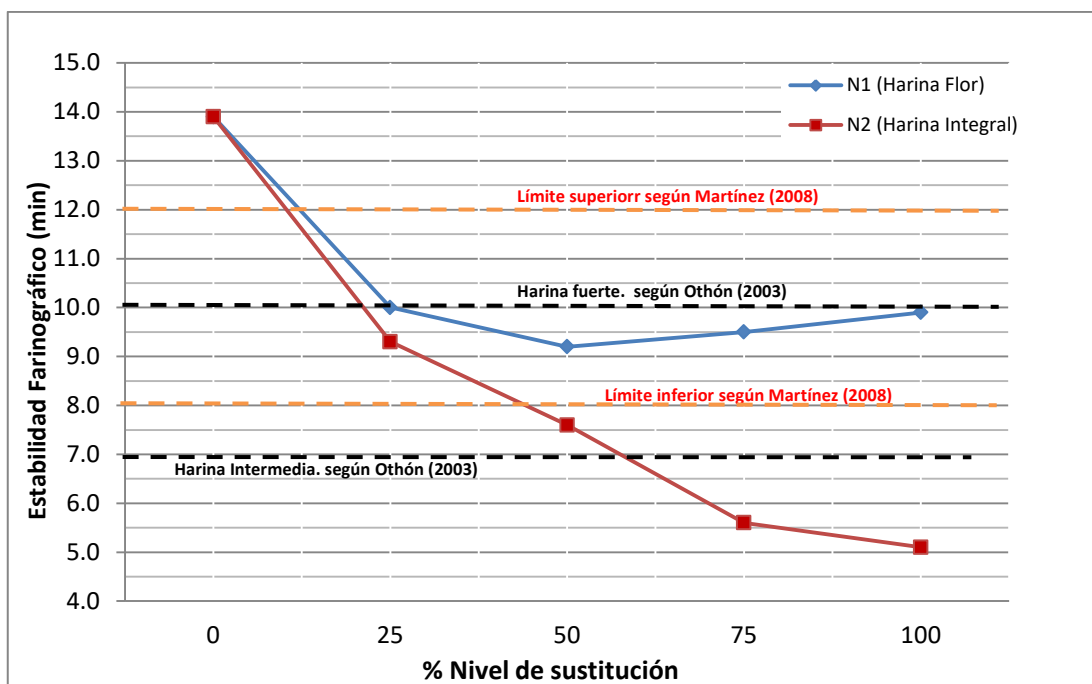


Gráfico 33

**Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de trigo
INIA – 418 con respecto a la estabilidad farinográfica**

Según **Martínez (2004)** de 8 - 12 minutos de estabilidad es una harina aceptable para panificación, siendo el caso de la harina N2 hasta un aproximado de 40% de sustitución y todas las sustituciones de la harina N1. Según la clasificación de **Othón (2003)** la harina N1 con 25% de sustitución se caracteriza como una harina fuerte, y las sucesivas sustituciones se caracterizan como harina intermedia; mientras que la harina compuesta N2 hasta 50% de sustitución es caracterizada como harina intermedia.

4.5.2.2 Alveograma de las harinas compuestas

En Tabla 29 se presentan los resultados de los análisis alveográficos de las harinas compuestas.

Tabla 29
Análisis alveográfico de las harinas compuestas

ANÁLISIS	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
TENACIDAD (P) mm	119	115	100	97	84	123	157	143	140
EXTENSIBILIDAD(L)mm	115	75	75	73	51	68	35	23	17
EQUILIBRIO P/L	1,27	1,53	1,33	1,33	1,65	1,81	4,49	6,22	8,24
FUERZA (W) x 10 E-4 J	424	342	289	189	156	315	240	150	108

a. Tenacidad (P)

El rango de P en la harina N2 es de 123 – 140 mm, siendo directamente proporcional con el nivel de sustitución a medida que aumenta el porcentaje de sustitución el valor de P también aumenta, por tratarse de una harina muy tenaz. Tomando como referencia la harina TI que tiene un valor de 119 mm las harinas compuestas de N1 y N2 a 25% de sustitución son las más cercanas y óptimas que presentan parecidas características y una resistencia adecuada a la deformación, según la prueba de Dunnet estas harinas no tienen diferencia significativa con harina TI.

b. Equilibrio P/L

Los valores de equilibrio P/L de las harinas compuestas están por encima de la harina TI y presenta gran diferencia entre sí, teniendo en cuenta los parámetros según **Calaveras (1996)** el rango (0,8 – 1,5), es para harina de elevada fuerza, como la harina testigo. La harina N1 con 50 y 75% de sustitución no tienen diferencia significativa con la harina TI, según la prueba de Dunnet como se observa en el anexo 3.2.

El resultado de equilibrio P/L está relacionado con el valor INDEX. Según indica **Martínez (2004)** las harinas con deficiencia en la calidad del gluten ocasionan una

pobre capacidad de retención de gas en la masa por su baja tenacidad y extensibilidad.

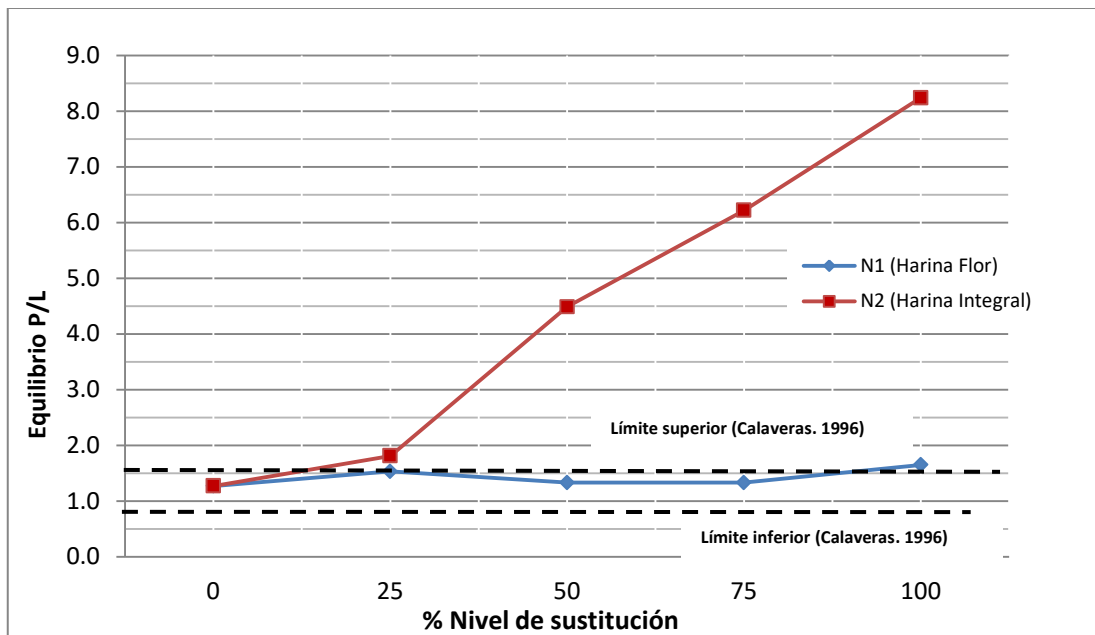


Gráfico 34

Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de trigo INIA – 418 con respecto al equilibrio P/L

c. Fuerza alveográfica de las harinas compuestas

Las harinas compuestas de N1 se consideran harinas fuertes hasta aproximadamente 40% de sustitución y la harina N2 hasta aproximadamente 30% de sustitución, como se observa en la gráfica 35. Según **Ibáñez (1985)** las harinas con valores superiores a 300 tienen un gluten fuerte como es el caso de la harina TI y según **Calaveras (1996)** es una harina fuerte o mejorante.

Mientras que los valores entre 200 y 300 son de media fuerza **Ibáñez (1985)** como el caso de la harina N1 hasta aproximadamente 70% de sustitución y la harina N2 hasta aproximadamente 60% de sustitución.

Según resultados estadísticos solo las harinas N1 con 25% de sustitución y N2 con 25% de sustitución, serían las mejores opciones de uso en panificación.

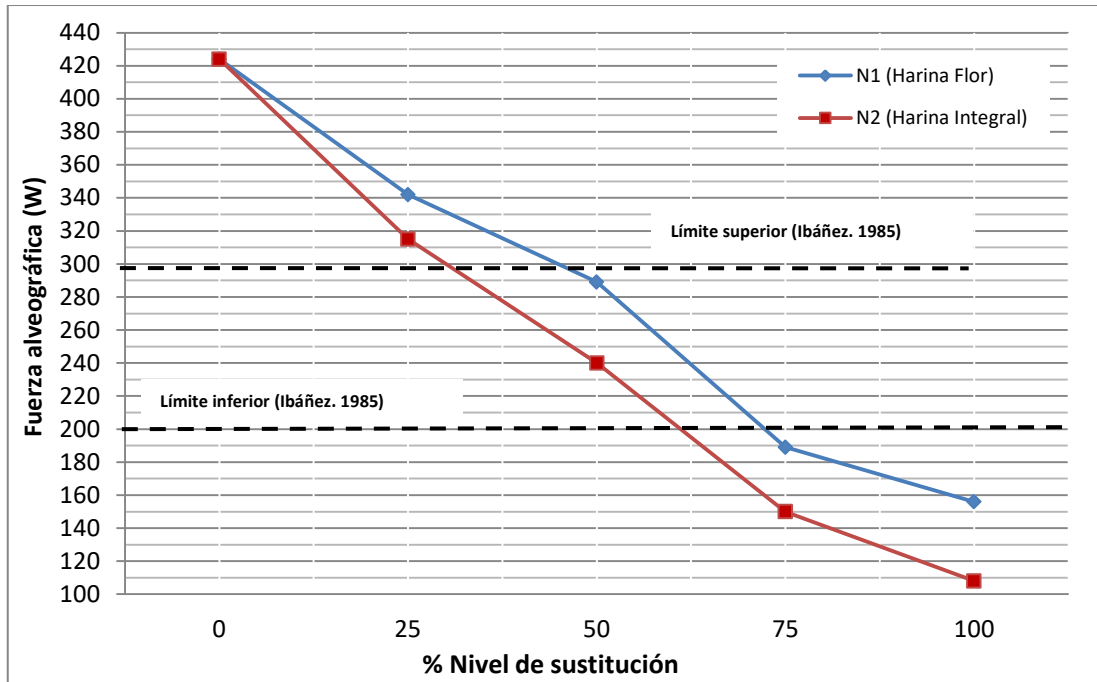


Gráfico 35

**Efecto de la sustitución de harina comercial por harina de trigo
INIA – 418 con respecto a la fuerza (W)**

Según el gráfico 36, el comportamiento de las harinas compuestas N2 es a medida que aumenta el contenido en cenizas disminuye la fuerza de la harina; porque al aumentar el contenido en cenizas disminuye la calidad de gluten quien influye en la fuerza panaria (W).

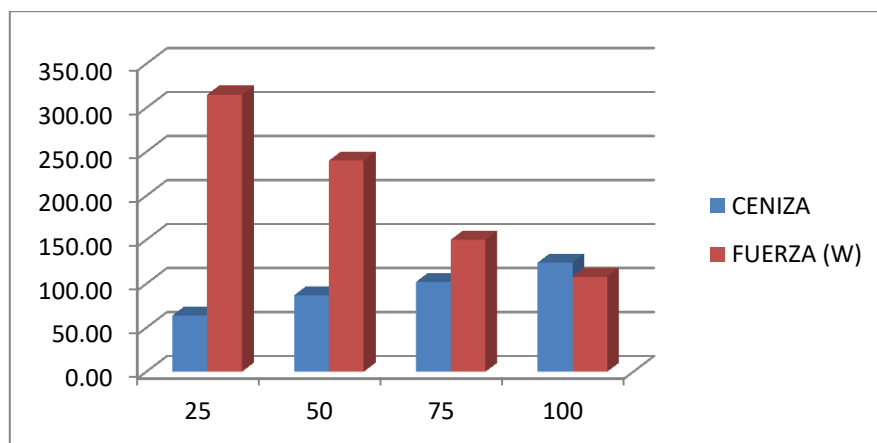


Gráfico 36

Relación ceniza – W (Fuerza) en la harina compuesta de tipo N2

4.6 PRUEBAS DE PANIFICACIÓN

La prueba de panificación es la última y definitiva para evaluar la calidad de una harina; las condiciones de horneado fueron similares. La variable de respuestas evaluadas en las pruebas de panificación fueron: el tiempo de amasado y la absorción de agua en proceso.

4.6.1 Absorción de agua

A continuación en la Tabla 30, se presenta los resultados de % de absorción del agua, por las masas de las harinas compuestas.

Tabla 30
Comparación de % de absorción de las muestras de panes

Tipo de Pan	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
Pan Francés	68,00	60,00	70,00	65,00	60,00	70,00	70,00	75,00	75,00
Pan para hamburguesa	52,44	52,40	52,40	52,57	48,88	60,00	61,06	65,00	75,00

Los resultados muestran que las harinas compuestas de N2 requieren mayor cantidad de agua en el proceso con respecto a las harinas compuestas de N1, tendiendo a aumentar el % de absorción a medida que se aumenta el nivel de sustitución, valores que coinciden con las pruebas farinográficas,

Con respecto a las harinas compuestas de N1 tiene una absorción máxima en 50% de sustitución, en la elaboración de pan francés y 75% de sustitución, en el pan para hamburguesa, la absorción de estas harinas compuestas son distintas a los resultados de las pruebas farinográficas. Al respecto señala **Caballero (1999) citado por Pillaca (2009)** que la absorción está influenciado por las características fisicoquímicas de los ingredientes añadidos y **Dendy y Dobraszcyk (2004)** menciona que la cantidad puede variar en los días secos y disminuir en los días

húmedos. El porcentaje de absorción están dentro del rango señalado por **Dendy y Dobraszczyk (2004)** la cantidad de agua necesaria para lograr un buen desarrollo de la masa varía entre 64 – 70% sobre el peso de la harina; solo en caso de los panes francés.

4.6.2 Tiempo de amasado

Según los resultados presentados en la tabla 31, el tiempo de amasado tiende a disminuir según aumenta el nivel sustitución, reafirmando así los resultados farinográficos (ver tabla 28) respecto a la estabilidad de la masa, a mayor sustitución la estabilidad del amasado es menor, por el debilitamiento del gluten.

Tabla 31
Comparación del tiempo de amasado (min) de las muestras de panes

Tipo de Pan	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
Pan Francés	5	6	6	4	4	4	4	3	3
Pan hamburguesa	6	4	4	3	2	5	5	4	3

Las harinas compuestas de N1 al 25% y 50% de sustitución presentan la mejor estabilidad para la elaboración del pan francés. Mientras que las muestras realizadas con las harinas N2 al 25 y 50% de sustitución son las mejores opciones en el pan para hamburguesa.

Las harinas compuestas de N2 presentan menor tolerancia al amasado en el pan francés y las harinas N1 en el pan para hamburguesa. Según **Desrosier (1998)** las distintas clases de harina de trigo requieren diferentes cantidades de amasado por sus diversas relaciones de hidratación de sus proteínas.

4.7 EVALUACIÓN DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS

4.7.1 Volumen específico

En la tabla 32 se presenta los resultados de volúmenes específicos de las muestras de panes.

Tabla 32

Comparación de volúmenes específicos (ml/g) de las muestras de panes

ANÁLISIS	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
Pan francés	4,36	4,81	4,77	4,39	3,74	4,02	3,16	2,20	2,01
Pan para hamburguesa	4,65	6,49	5,96	4,55	2,58	3,11	3,43	2,04	1,60

Los gráficos 37 y 38 muestra que los volúmenes específicos en los panes, tienen una relación inversamente proporcional con el nivel de sustitución de la harina comercial, pues a mayor porcentaje de sustitución menor será el volumen específico de los panes, Se destaca que el volumen específico de los panes elaborados con las harinas compuestas de las harinas N1 con sustituciones de 25% y 50%, fueron superiores al volumen específico del pan testigo.

Las sustituciones con harina N2 presentan menores valores de volumen específico con respecto a las sustituciones de harina N1, la reducción de volumen está relacionada con la elevada α -amilasa contenida como se observa en el gráfico 28, al respecto **Cortes (2003) citado por Osorio (2009)** indica que las harinas con elevada α -amilasa darán producto de baja calidad y con migas muy pegajosas.

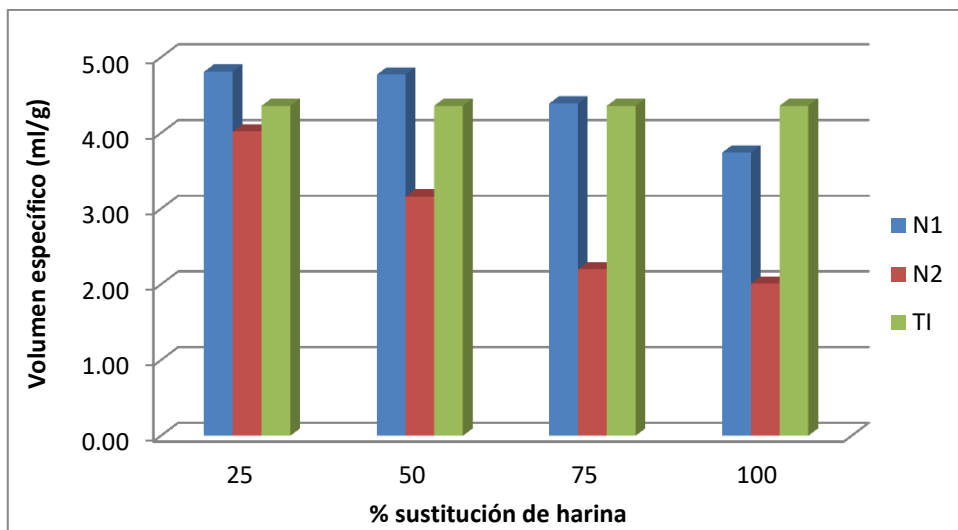


Gráfico 37

Volumen específico – pan francés

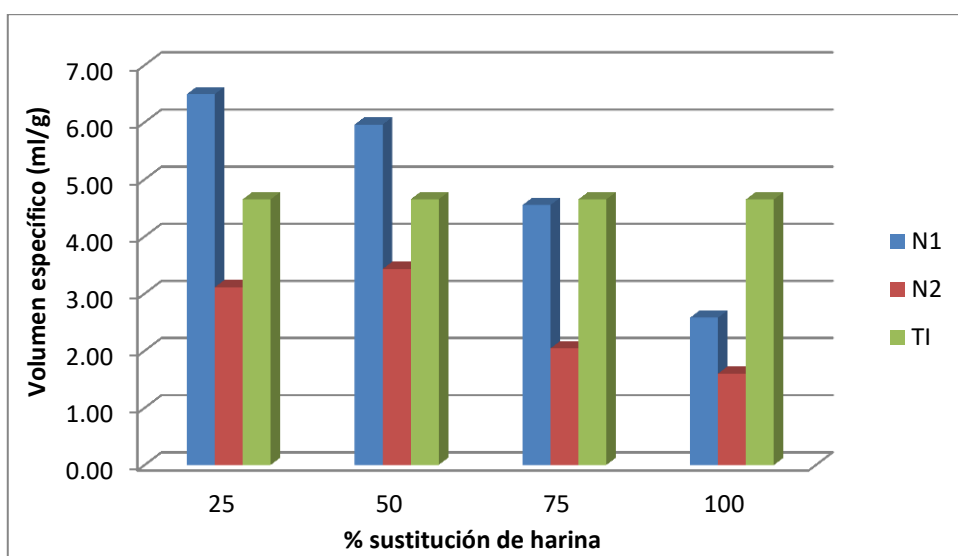


Gráfico 38

Volumen específico – pan para hamburguesa

De los gráficos 35, 37 y 38 se deduce que la fuerza W está directamente relacionado al volumen del pan, como señala **Cortes (2003) citado por Osorio (2009)** la reducción de la fuerza ocasiona que la masa disminuya la resistencia a la presión de gas, obteniendo un gluten debilitado y poroso que deja escapar parte del gas que se produce durante la fermentación.

4.7.2 Evaluación sensorial

Las características evaluadas en las pruebas de consumidores fueron textura y color de corteza, distribución de alveolos, textura y color de miga, sabor y aceptabilidad del pan en general, utilizando la prueba hedónica (ver anexo 4.1 y 4.2 encuestas a panelistas). En los anexos 5.1 a 6.7 se reportan los resultados de las evaluaciones.

4.7.2.1 Color de corteza

La evaluación estadística demuestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos tal como se muestra en las tablas 33 y 34.

Tabla 33 Análisis de varianza para el color de corteza del pan francés

Factor de variabilidad	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	38,904	4,863	11,693	2,012	*
ERROR	126	52,400	0,416			
TOTAL	134	91,304				

Tabla 34: Análisis de varianza para el color de corteza del pan para hamburguesa

Factor de variabilidad	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	19,08	2,39	5,08	2,012	*
ERROR	126	51,07	0,41			
TOTAL	134	69,75				

Según la encuesta de evaluación (anexo 4.1 y 4.2), la media 3 es considerada **color óptimo**, el color de corteza debe ser dorado brillante según **Anglas (2011)** los panelistas consideran que a mayor sustitución el color de corteza tiende a ser más oscuro. **Callejo (2011) y Cortés (2004)** citado por **Osorio et al. (2009) y Tejero (2002)** sostienen que la actividad α -amilásica influye en el color de corteza.

El pan francés elaborado con la harina N1 al 100%, es calificada como **color óptimo** por los panelistas, mientras las muestras realizadas con harina N1 con 25% y 50% de sustitución no tienen diferencia significativa con respecto a la harina testigo de acuerdo a la prueba de Duncan (anexo 5.1).

En el pan para hamburguesa las muestras realizadas con las harinas: 25% de sustitución de harina N1 y N2 al 100% no tienen diferencia significativa con la harina testigo, según la prueba de Duncan (anexo 6.1), En este caso, el color es considerado **óptimo**.

4.7.2.2 Textura de corteza

La evaluación estadística demuestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos, como se observa en las tablas 35 y 36

Tabla 35: Análisis de varianza para la textura de corteza del pan francés

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	38,904	4,86	11,69	2,012	*
ERROR	126	52,400	0,41			
TOTAL	134	91,304				

Tabla 36: Análisis de varianza para la textura de corteza del pan para hamburguesa

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	32,73	4,09	6,88	2,012	*
ERROR	126	74,93	0,59			
TOTAL	134	107,66				

La media 3 representa **textura de corteza óptima**, La prueba de Duncan para pan francés establece que no hay significancia (ver anexo 5.2) entre los panes elaborados con la harina T1 calificado como **óptimo** y los panes elaborados con la

harina N2 con 25% y 75% de sustitución, con respecto a las otras formulaciones si hay diferencia significativa.

Con respecto al pan para hamburguesa, los panes elaborados con la harina N1 de 50 y 75% de sustitución, fueron calificadas como textura **firme** y sin diferencia significativa entre sí (ver anexo 6.2). Las otras muestras difieren entre sí y fueron clasificadas como textura **dura**.

4.7.2.3 Distribución de alveolos

Al igual que los casos anteriores hay diferencia significativa entre los panes obtenidos (ver tabla 37 y 38).

Tabla N°37: Análisis de varianza para la distribución de alveolos del pan francés

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	46,504	5,813	16,55	2,012	*
ERROR	126	44,267	0,351			
TOTAL	134	90,771				

Tabla N°38: Análisis de varianza para la distribución de alveolos del pan para hamburguesa

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	31,47	3,99	12,35	2,012	*
ERROR	126	40,13	0,32			
TOTAL	134	71,60				

Considerando que la media óptima de distribución alveolar es 3, donde las características deben ser *uniformes del alveolado y el diámetro*, (Anglas, 2011). Las pruebas de Duncan (ver anexo 5.3 y 6.3) indican que el pan elaborado con 75% de sustitución con la harina N1 es el que presenta el **alveolado óptimo**, y es significativamente diferente de las otras muestras cuyo alveolado es irregular, esta respuesta es similar para el pan para hamburguesa y pan francés. Es notorio que la

irregularidad es mayor en los panes con harina N2, que se debería al exceso de salvado. Tal como señala **Stanley et al. (2002)** el salvado grosero proporciona un buen efecto visual tanto en la miga del pan y en la corteza (como el caso de la harina N2 con 25% de sustitución), pero cuando hay demasiado salvado en la harina la miga tendrá una estructura abierta y poco atractiva.

4.7.2.4 Color de miga

Según el análisis de varianza las muestras de panes presentan diferencias significativas, como muestran las tablas 39 y 40.

Tabla 39: Análisis de varianza para el color de miga del pan francés

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	99,348	12,419	21,376	2,012	*
ERROR	126	73,200	0,581			
TOTAL	134	172,548				

Tabla 40: Análisis de varianza para el color de miga del pan para hamburguesa

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	3,33	4,17	8,41	2,012	*
ERROR	126	62,40	0,50			
TOTAL	134	95,73				

En el pan francés según la prueba de Duncan (ver anexo 5.4), los panes elaborados con harina N2 al 25 % de sustitución es calificada como **color crema** adecuado para el tipo de pan.

Mientras que en el pan para hamburguesa la prueba de Duncan (ver anexo 6.4), indican que los panes elaborados con las harina N1 al 25% de sustitución y N2 al 50% de sustitución, son calificadas como **color crema**.

Es notorio que las harinas compuestas N2 tienden a oscurecer a medida que aumenta el nivel de sustitución en ambos tipos de panes, debido a la concentración de ceniza. Al respecto **Kihlberg et al. (2004)** citado por **Callejo (2011)** señalan que los panes elaborados con harina de trigo, el color de la miga va del blanco crema al marrón claro en función de la tasa de extracción de la harina, harinas integrales producen migas más oscuras.

4.7.2.5 Textura de miga

De acuerdo al análisis de varianza (tabla 41 y 42) las muestras de panes presentan diferencias significativas.

Tabla 41: Análisis de varianza para la textura de miga del pan francés

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	9,2	1,15	4,30	2,012	*
ERROR	126	33,733	0,27			
TOTAL	134	42,933				

Tabla 42: Análisis de varianza para la textura de miga del pan para hamburguesa

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	5,2	0,65	2,75	2,012	*
ERROR	126	29,73	0,24			
TOTAL	134	34,93				

Según la prueba de Duncan (anexo 5.5), las muestras de pan francés realizado con harina N1 al 100%, es calificada como **textura buena**, siendo significativamente diferente de las otras muestras cuya calificación tiende a regular. En el pan para hamburguesa, según la prueba de Duncan (anexo 6.5), realizadas con harina N1 con 25% de sustitución es calificada como **textura buena**.

4.7.2.6 Sabor

Las tablas N° 43 y 44 muestran los análisis de varianza de las muestras de panes, donde presentan diferencias significativas entre sí.

Tabla N°43: Análisis de varianza para el sabor del pan francés

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	5,08	0,64	2,47	2,012	*
ERROR	126	32,40	0,26			
TOTAL	134	37,48				

Tabla N°44: Análisis de varianza para el sabor del pan para hamburguesa

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	26,13	3,27	7,8	2,012	*
ERROR	126	52,27	0,41			
TOTAL	134	78,40				

En este atributo se da referencia a la percepción del aroma y sabor general del pan. Los panelistas califican de acuerdo a una escala máxima de 1 (muy bueno) hasta 5 (muy desagradable). De acuerdo a los resultados de la prueba de Duncan (anexo 5.6 y 6.6) el pan Francés elaborado con la harina N1 al 50% de sustitución, es calificada como **bueno**, el cual solo tiene diferencia significativa con las muestras de harina N2 a partir de 75% sustitución, y la harina N1 con 25% de sustitución.

Con respecto al pan hamburguesa la muestra elaborada con la harina N1 al 25% de sustitución, es calificada como **bueno**, las diferencias significativas de esta muestra es con las muestras hechas de harina N2 a partir de 50% de sustitución y la harina N1 con 100% de sustitución.

4.7.2.7 Aceptabilidad

Se encontró diferencia significativa entre las muestras, como se observa en las siguientes tablas:

Tabla 45: Análisis de varianza para la aceptabilidad del pan francés

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	18,33	2,29	6,83	2,012	*
ERROR	126	42,27	0,33			
TOTAL	134	60,60				

Tabla 46: Análisis de varianza para la aceptabilidad del pan para hamburguesa

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	29,61	3,70	13,15	2,012	*
ERROR	126	35,47	0,28			
TOTAL	134	65,08				

Como el caso anterior se califica según la escala hedónica de 1 al 5, los resultados de la prueba de Duncan muestran (ver anexo 5.7 y 6.7), que en el pan francés elaborado la harina N1 al 100% de sustitución es calificado como **bueno**, superando el valor de calificación al pan testigo, según indican los panelistas presentan un sabor singular, con características organolépticas agradables en el color de corteza, textura de miga y volumen adecuado; solo tiene diferencia significativa con las muestra N1 al 25% de sustitución y N2 al 100% de sustitución, las cuales son calificadas como **regular**.

En caso del pan para hamburguesa las muestras realizadas con la harina N1 al 25% es calificada como **bueno**, no tiene diferencia significativa con el pan elaborado con la harina testigo, Los panelistas indican que presentan buen color de corteza, buen color y textura de miga, sabor y volumen específico. Las otras muestras difieren significativamente y fueron calificadas como **regular**.

CONCLUSIONES

- El tipo de molino afecta las características fisicoquímicas, reológicas y el volumen del producto final. La harina obtenida del molino de Bühler se caracteriza como **HARINA DE MEDIANA FUERZA** por presentar la mejor calidad de gluten, mejores propiedades reológicas, produce menor daño de almidón; los panes elaborados presentan mayor volumen específico, mejores características sensoriales (color de miga, textura de miga), en comparación a la harina obtenida por el molino de martillo del cual se obtiene una **HARINA FLOJA**.
- La harina N1 con 40% de sustitución aproximadamente presentó buenas características fisicoquímicas y reológicas, por lo tanto es la de mejor calidad panadera que cumple según las especificaciones de una harina de fuerza. Mientras que la harina N2 con sustitución a 25% presenta equivalentes a harina de mediana fuerza, pudiendo ser considerada como una alternativa para elaboración de panes. Las harinas con otros niveles de sustitución no tienen la calidad necesaria para la panificación.

- En la elaboración de panes, se evaluó el volumen específico, siendo la harina N1 hasta 50% de sustitución, la que mejor volumen tuvo, lo que corroboran el carácter de harina fuerte que se establece a partir de las propiedades reológicas evaluada.
- Según la evaluación sensorial se determinó que el **pan francés** de mejor aceptación con respecto a las otras sustituciones evaluadas es el elaborado con harina N1 al 100% obteniendo la mayor calificación en cuanto a los atributos de color de corteza y textura de miga, mientras que el **pan para hamburguesa** realizado con harina N1 al 25% de sustitución es la de mejor aceptación con mejores calificado en color de corteza, color de miga, textura de miga y sabor.
- En conjunto los panes francés elaborados con harina N1 al 50% de sustitución y en pan hamburguesa la harina N1 al 25% de sustitución, tienen un calificado casi constante, a diferencia de las otras formulas que tienen valor muy dispersos. Por tanto, se puede afirmar que la sustitución de la harina industrial con la harina de trigo INIA – 418 “El Nazareno”, obtenido del molino de bühler, tiene muy buenas resultados, lo que se recomienda en la panificación industrial.

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones con mezclas de esta harina compuesta y otros granos sucedáneos para elevar el valor nutritivo.
- Realizar un mejor manejo tecnológico y productivo en la cosecha del trigo, para evitar el sobre germinado así aumentar el valor de Falling Number.
- Realizar convenios con las cadenas productivas (Empresas, Universidad, CETPRO, Ministerio, Agricultores Asociados) y promover investigaciones guiada al desarrollo de nuevas tecnologías y productos en el tema de panificación, que promuevan al desarrollo de las industrias panaderas y molineras en el país.
- Realizar investigaciones con otras variedades de trigo, para incluir en la elaboración de productos regionales.

BIBLIOGRAFIA

1. AACC. 2000. **“Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists”**. Am. Assoc. Cereal Chemists. 10a ed. St. Paul, MN. EEUU.
2. ANGLAS HURTADO, Guido (2011). **“Guía de Practicas de Panificación”**. Universidad Peruana Unión. Lima.
3. BELITZ, H y GROSCH, W. (1992). **“Química de Alimentos”**. Edit Acribia. Zaragoza – España.
4. BERNABE Carlos J. (2009). **“Influencia de los Componentes de la Harina en la Panificación; Parte 1: Almidón”**. Revista INDESPAN SL. Año7. N°357.
5. CALAVERAS, J. (1996). **“Nuevo Tratado de panificación y Bollería”**. Edit, AMV Ediciones Mundi Prensa. Madrid-España.
6. CALLEJO GONZALES, María Jesús. (2002). **“Industria de Cereales y Derivados”**. Ediciones AMV. Madrid – España.

7. CARL HOSENEY, R. (1991). **“Principios de ciencia y tecnología de los cereales”**. Ed. Acribia. Zaragoza - España.
8. CHOPIN (2002). Guía de laboratorio para alveógrafo.
9. DENDY, D y DOBRASZCZYK, B. (2004). **“Cereales y Productos Derivados”**. Edit. Acribia. Zaragoza – España.
10. DESROSIER NORMAN, W. (1998). **“Elementos de Tecnología de Alimentos”**. Edit. Continental. México.
11. Dra. Luz Gómez Pando (2010). **“Incremento de la Producción Nacional de Trigo”**. Revista Panadería Pastelería. N°142. Año 20. Lima – Perú.
12. FERRERAS CHARRO, Rebeca (2008). **“Análisis Reológico de las diferentes Fracciones de Harina Obtenidas en la Molienda del Grano de Trigo”**. Tesis para optar el título de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad de Salamanca. España.
13. GAMBAROTTA, Lucas (2005). **“Caracterización de las fracciones de harina de trigo pan. Análisis de las propiedades físico-químicas y reológicas de las fracciones de harina de trigo pan obtenidas en el molino experimental BÜHLER”**. Tesina de Universidad de Belgrano. Buenos Aires – Argentina.
14. HERNANDEZ ALARCON, Elizabeth (2005). **“Evaluación Sensorial”**. Guía didáctica del curso tecnología de cereales y oleaginosas. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
15. HERNÁNDEZ GIL Ángel y SERRA MAJEM Lluís. (2009). **“Libro blanco del pan”**. Edit. Médica Panamericana. España.

16. IBÁÑEZ MOYA Francisco y BARCINA ANGULO Yolanda. (2000). **“Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones”**. Edit. Barcelona Springer Verlag Ibérica. España.
17. IBAÑEZ TREMOLADA, Martha (1985). **“Reporte final del entrenamiento en Centro Experimental de Mejoramiento del Maíz y Trigo”**. CIMMYT. México.
18. ICCT (2009). **“IV Informe de Calidad de la Cosecha de Trigo Campaña 2008/2009”**. GRANOTEC PERU.
19. MESAS, J. M. y ALEGRE, M. T. (2002). **“El Pan y su Proceso de Elaboración”**. Ciencia y Tecnología Alimentaria. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos. . Nº 5, Año 3. México.
20. LUNA, Cristina. (2008). **“El almidón Dañado y su impacto en la panificación”**. Revista PANERA. Molinera, Panadería y Pastelería. Nº7. Año 2. Lima.
21. MARTINEZ MATEU, Jorge L. (2004). **“Control de Calidad en la Molienda de Trigo Duro y Trigo Pan realizado en los Molinos Faucett de la Empresa Alicorp S.A.A.”**. Informe de Experiencia Profesional para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
22. MONCADA, L (2007). **“Calidad de grano de trigos provenientes de la sierra del Peru campaña 2003 – 2005”**. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Lima – Perú.
23. NTP 205.007:1980 (Revisada el 2011). **“CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de la masa de 1 000 granos”** .1a Edición. INDECOPI. Lima – Perú

24. NTP 205.013:1979 (Revisada el 2011) **“CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de la masa hectolétrica”** . 1a Edición. INDECOPI. Lima – Perú.
25. NORMA TECNICA PERUANA 205.038 (1975). **“HARINAS. Determinación de ceniza”**. INDECOPI. Lima – Perú.
26. NORMA TECNICA PERUANA 205.009 (1981). **“Trigo”**. INDECOPI. Lima – Perú.
27. ORTIZ Alonso A. (2000). **“La Harina y el Laboratorio”**. Revista Alimentación, Equipos y Tecnología, Año 19, N° 1.
28. OSORIO HENAO (2009). **“Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación”**. Tesis para optar el título de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá - Colombia.
29. OTHÓN SERNA SALDÍVAR, Sergio (2003). **“Manufactura y Control de Calidad de Productos Basados en Cereales”**. Edit. AGT Editores. México.
30. PANERA. (2010 – 18). **“Molinera, panadería y Pastelería. Revista”**. N° 18. Año 3. Panera Ediciones. Perú.
31. PANERA. (2010 – 21). **“Molinera, panadería y Pastelería. Revista”**. N° 21. Año 4. Panera Ediciones. Perú.
32. PANERA. (2010 – 22). **“Molinera, panadería y Pastelería. Revista”**. N° 22. Año 4. Panera Ediciones. Perú.
33. PANERA. (2010 – 24). **“Molinera, panadería y Pastelería. Revista”**. N° 24. Año 4. Panera Ediciones. Perú.

34. PANERA. (2011 – 28). **“Molinera, panadería y Pastelería. Revista”**. N° 28. Año 5. Panera Ediciones. Perú.
35. PEÑA, R.J. (2002). **“Influencia de la textura del endospermo y la composición de las proteínas del gluten en la calidad panadera del trigo”**. Seminario: avances y perspectivas en calidad industrial del trigo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco, Chile.
36. PILLACA MEDINA, Susan (2009). **“Evaluación de las Propiedades Reológicas de dos Variedades de Trigo (*Triticum aestivum ssp*) Harinero”**. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
37. QUAGLIA GIOVANNI Y MATEOS-NEVADO, B. (1991). **“Ciencia y tecnología de la panificación”** “. Ed. Acribia. Zaragoza - España.
38. ROSADA, Didier (2010). **“La Fuerza de la Masa I”**. Revista Panadería Pastelería. Año 20 N°142. Lima – Perú.
39. SANCHO VALLS, J. (1999). **“Introducción al análisis sensorial de los alimentos”**. Edición Universidad Barcelona. España.
40. STANLEY P. CAUVAIN, L. S. BAKETRAN YOUNG. (2002). **“Producción de Pan”**. Edit. Acribia. Zaragoza – España.
41. TEJERO, Francisco. **“Factores determinantes en el color y el alveolado del pan”**. España 2002.

<http://www.molineriaypanaderia.com/técnica/Sproduc/alveo.html>.

42. TEJERO, Francisco. "La calidad de la harina en la panificación".
España2002.<http://www.molineriaypanaderia.com/técnica/harina/calih.html>.

ANEXOS

Anexo 1, 1

Tabla Oficial de Pesos Hectolítricos para Trigo

GRAMOS en 1/4 lt.	KILOS en un Hectolitro	GRAMOS en 1/4 lt.	KILOS en un Hectolitro	GRAMOS en 1/4 lt.	KILOS en un Hectolitro
110,0	39,90	146,0	56,10	182,0	72,30
110,5	40,15	146,5	56,35	182,5	72,50
111,0	40,35	147,0	56,55	183,0	72,75
111,5	40,60	147,5	56,80	183,5	72,95
112,0	40,80	148,0	57,00	184,0	73,20
112,5	41,05	148,5	57,25	184,5	73,40
113,0	41,25	149,0	57,45	185,0	73,65
113,5	41,50	149,5	57,70	185,5	73,85
114,0	41,70	150,0	57,90	186,0	74,10
114,5	41,95	150,5	58,15	186,5	74,30
115,0	42,15	151,0	58,35	187,0	74,55
115,5	42,40	151,5	58,60	187,5	74,75
116,0	42,60	152,0	58,80	188,0	75,00
116,5	42,85	152,5	59,05	188,5	75,20
117,0	43,05	153,0	59,25	189,0	75,45
117,5	43,30	153,5	59,50	189,5	75,65
118,0	43,50	154,0	59,70	190,0	75,90
118,5	43,75	154,5	59,95	190,5	76,10
119,0	43,95	155,0	60,15	191,0	76,35
119,5	44,20	155,5	60,40	191,5	76,55
120,0	44,40	156,0	60,60	192,0	76,80
120,5	44,65	156,5	60,85	192,5	77,00
121,0	44,85	157,0	61,05	193,0	77,25
121,5	45,10	157,5	61,30	193,5	77,45
122,0	45,30	158,0	61,50	194,0	77,70
122,5	45,55	158,5	61,75	194,5	77,90
123,0	45,75	159,0	61,95	195,0	78,15
123,5	46,00	159,5	62,20	195,5	78,35
124,0	46,20	160,0	62,40	196,0	78,60
124,5	46,45	160,5	62,65	196,5	78,80
125,0	46,65	161,0	62,85	197,0	79,00
125,5	46,90	161,5	63,10	197,5	79,25
126,0	47,10	162,0	63,30	198,0	79,45
126,5	47,35	162,5	63,55	198,5	79,70
127,0	47,55	163,0	63,75	199,0	79,90
127,5	47,80	163,5	64,00	199,5	80,15
128,0	48,00	164,0	64,20	200,0	80,35
128,5	48,25	164,5	64,45	200,5	80,60
129,0	48,45	165,0	64,65	201,0	80,80
129,5	48,70	165,5	64,90	201,5	81,05
130,0	48,90	166,0	65,10	202,0	81,25
130,5	49,15	166,5	65,35	202,5	81,50
131,0	49,35	167,0	65,55	203,0	81,70
131,5	49,60	167,5	65,80	203,5	81,95
132,0	49,80	168,0	66,00	204,0	82,15
132,5	50,05	168,5	66,25	204,5	82,40
133,0	50,25	169,0	66,45	205,0	82,60
133,5	50,50	169,5	66,70	205,5	82,85
134,0	50,70	170,0	66,90	206,0	83,05
134,5	50,95	170,5	67,15	206,5	83,30
135,0	51,15	171,0	67,35	207,0	83,50
135,5	51,40	171,5	67,60	207,5	83,75
136,0	51,60	172,0	67,80	208,0	83,95
136,5	51,85	172,5	68,05	208,5	84,20
137,0	52,05	173,0	68,25	209,0	84,40

Anexo 1, 2

Peso de Muestra según humedad de la muestra a determinar FallingNumber

Humedad (%)	Peso (g)	Humedad (%)	Peso (g)
8,00	6,54	12,60	6,89
8,20	6,56	12,80	6,90
8,40	6,57	13,00	6,92
8,60	6,57	13,20	6,94
8,80	6,60	13,40	6,95
9,00	6,62	13,60	6,97
9,20	6,63	13,80	6,98
9,40	6,64	14,00	7,00
9,60	6,66	14,20	7,02
9,80	6,67	14,40	7,03
10,00	6,69	14,60	7,04
10,20	6,70	14,80	7,07
10,40	6,72	15,00	7,08
10,60	6,73	15,20	7,10
10,80	6,75	15,40	7,12
11,00	6,76	15,60	7,13
11,20	6,78	15,80	7,15
11,40	6,80	16,00	7,17
11,60	6,81	16,20	7,18
11,80	6,83	16,40	7,25
12,00	6,84	16,60	7,30
12,20	6,86	16,80	7,30
12,40	6,87	17,00	7,30

Anexo 1, 3

Volumen de solución de NaCl para ser adicionado en función al contenido de humedad de la harina a determinar su alveograma

Humedad (%)	Volumen de sol, NaCl, ml	Humedad (%)	Volumen de sol, NaCl, ml	Humedad (%)	Volumen de sol, NaCl, ml
5,0	169,6	9,0	151,7	13,0	133,9
5,1	169,2	9,1	151,3	13,1	133,5
5,2	168,7	9,2	150,8	13,2	133,0
5,3	168,3	9,3	150,4	13,3	132,6
5,4	167,8	9,4	149,9	13,4	132,1
5,5	167,4	9,5	149,5	13,5	131,7
5,6	166,9	9,6	149,0	13,6	131,2
5,7	166,5	9,7	148,6	13,7	130,8
5,8	166,0	9,8	148,1	13,8	130,3
5,9	165,6	9,9	147,7	13,9	129,9
6,0	165,1	10,0	147,2	14,0	129,4
6,1	164,7	10,1	146,8	14,1	129,9
6,2	164,2	10,2	146,3	14,2	128,6
6,3	163,8	10,3	145,9	14,3	128,2
6,4	163,3	10,4	145,5	14,4	127,7
6,5	162,9	10,5	145,1	14,5	127,3
6,6	162,4	10,6	144,6	14,6	126,8
6,7	162,0	10,7	144,2	14,7	126,4
6,8	161,5	10,8	143,7	14,8	125,9
6,9	161,1	10,9	143,3	14,9	125,5
7,0	160,6	11,0	142,8	15,0	125,0
7,1	160,2	11,1	142,4	15,1	124,6
7,2	159,7	11,2	141,9	15,2	124,1
7,3	159,3	11,3	141,5	15,3	123,7
7,4	158,8	11,4	141,0	15,4	123,2
7,5	158,4	11,5	140,6	15,5	122,8
7,6	157,9	11,6	140,1	15,6	122,3
7,7	157,5	11,7	139,7	15,7	121,9
7,8	157,0	11,8	139,2	15,8	121,4
7,9	156,6	11,9	138,8	15,9	121,0
8,0	156,1	12,0	138,3	16,0	120,6
8,1	155,7	12,1	137,9	16,1	120,2
8,2	155,2	12,2	137,5	16,2	119,7
8,3	154,8	12,3	137,1	16,3	119,3
8,4	154,3	12,4	136,6	16,4	118,8
8,5	153,9	12,5	136,2	16,5	118,4
8,6	153,4	12,6	135,7	16,6	117,9
8,7	153,0	12,7	135,3	16,7	117,5
8,8	152,5	12,8	134,8	16,8	117,0
8,9	152,1	12,9	134,4	16,9	116,6

Anexo 2,1

Metodología para la determinación de propiedades Farinográfica de la harina

Se procede de la siguiente manera:

- Determinar la humedad de muestra de harina
- Colocar en el mezclador 300+/- 0,1g de harina
- Se llena la bureta del equipo con agua temperada,
- Colocar el lapicero en el papel de registro en posición de 9 minutos,
- Encender el equipo por un minuto hasta que el lapicero se coloque en la línea de 0 minutos de la carta,
- En este momento se adiciona el agua de la bureta al mezclador hasta la cantidad esperada de absorción de agua de la harina, Cuando la masa empieza a formarse se raspa las paredes del mezclador con la espátula inmediatamente se cubre con la tapa, para evitar la evaporación del agua, Si la curva de mezcla se estabiliza en valores mayores que 500 UB se adiciona más agua,
- A primer intento de titulación raramente se obtiene una curva con la máxima resistencia centrada en la línea de 500 UB, por tanto se ajusta aumentando o disminuyendo el agua hasta lograr centrar la curva en 500 UB,

Anexo 2,2

Metodología para la determinación de propiedades alveográficas de la harina

Amasado

- Determinar la humedad de la harina y con esto la cantidad de solución de CINA al 2,5% agregar (Anexo N°1,3),
- Llenar a bureta con solución salina
- Colocar en el mezclador 250 +/- 0,5g de harina, iniciar el mezclado (se inicia el conteo en el cronometro), inmediatamente agregar la solución a través del agujero, debe ser rápido no más de 20 segundos,
- Luego de 1 minuto se detiene el mezclador, limpiar la harina que aún queda de las paredes con las espátula, con la finalidad que toda la masa sufra hidratación, Esta operación debe ser completada en 1 minuto,
- Colocar la tapa de amasadora y continuar, hasta cumplir los 8 minutos, el motor se detiene automáticamente, mientras continua el amasado, aplicar una película uniforme de aceite a la plantilla de extrusión, laminilla, rodillo y platina de la bomba,

Extrusión, formación y reposo de los plastones

- Abrir totalmente la compuerta de extrusión, se invierte el bazo del amasador con la teca EXTRACCION, poniendo en marca luego la amasadora con la tecla ARRANQUE,
- La lengüeta de masa será expulsada en tira, Cortar y descargar los primeros 2cm de la masa,
- Cuando la masa expulsada llegue a la marca de la platina se corta rápidamente la masa, Arranque la platina de recepción y deslice la masa en la placa previamente aceitada, Simultáneamente hasta completar las 5 piezas,
- Adelgazar las masas con el rodillo, corriendo a lo largo de la barra 12 veces seguidas (6 idas y 6 vueltas),
- Cortar las piezas de masa con el cortador circular, retirar la masa sobrante, colocar las piezas de masa a la placa de reposo,

- Se coloca cada pieza de reposo dentro del compartimiento de reposo según el orden que salió cada masa del mezclador, Dejar en reposo hasta el minuto 28 desde el inicio del amasado,

Ensayo de probetas de masa en el alveógrafo

- Mientras esta reposando la muestra se crea un nuevo registro, ingresando los datos de la muestra al sistema como: humedad, nombre
- El final del tiempo de reposo lo señala el cronómetro del equipo mediante la alarma,
- Se coloca la masa en el centro de la platina fija, se coloca el disco enroscar para ajustar, finalmente se retira el disco y encender la bombilla (de esta manera se ejerce presión por el interior de la masa que permite su expansión y forme una burbuja),
- La primera rotura de la masa se presiona el botón CANCELAR, Donde inmediatamente se dibuja una curva en la pantalla del alveograma, se continúa el procedimiento hasta completar las 5 muestras,

Anexo 3,1

A. Análisis Físicoquímico del Trigo (*Triticum spp L,*)

Características Físicoquímicos del Trigo con tres repeticiones

ANALISIS	REPETICIONES			Trigo INIA - 418
	1	2	3	
Humedad (%)	13,95	13,94	13,95	13,95
Ceniza ss (%)	1,30	1,32	1,31	1,31
Proteína ss (%)	13,79	13,57	13,58	13,65
Peso hectolítrico (Kg/hl)	76,35	76,80	76,55	76,57
Peso 1000 granos (g)	49,17	49,53	49,59	49,43
Granos chupados y rotos (%)	0,01	0,01	0,01	0,01
Impurezas (%)	0,98	0,98	1,03	1,00
% Dureza	55,50	57,00	55,50	56,00

B. Análisis Estadístico de las características Físicoquímicos de las harinas compuestas

➤ Humedad

REPETICIONES	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
1	14,800	14,350	14,090	13,790	13,623	14,360	14,350	13,720	13,500
2	14,750	14,400	14,106	13,802	13,604	14,400	14,424	13,711	13,550
3	14,790	14,370	14,090	13,800	13,620	14,370	14,295	13,720	13,460
Promedio	14,780	14,373	14,095	13,797	13,616	14,377	14,356	13,717	13,503

Análisis de varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	4,50	0,562	613,45	2,51	*
ERROR	18	0,02	0,001			
TOTAL	26	4,51				

Prueba de Dunnet al 95% de nivel de significancia

Tratamientos	ALS ₀	DIF	SIG
T - 2	0,0727	0,407	*
T - 3	0,0727	0,685	*
T - 4	0,0727	0,983	*
T - 5	0,0727	1,164	*
T - 6	0,0727	0,403	*
T - 7	0,0727	0,424	*
T - 8	0,0727	1,063	*
T - 9	0,0727	1,277	*

CV = 0,22 %

➤ **Ceniza**

REPETICIONES	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
1	0,659	0,527	0,522	0,512	0,452	0,644	0,868	1,036	1,320
2	0,630	0,530	0,520	0,510	0,440	0,648	0,860	1,010	1,305
3	0,662	0,532	0,521	0,520	0,437	0,641	0,873	1,029	1,282
Promedio	0,650	0,530	0,521	0,514	0,443	0,644	0,867	1,025	1,302

Análisis de varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	1,978	0,247	2195.81	2,51	*
ERROR	18	0,002	0,0001			
TOTAL	26	1.980				

Prueba de Dunnet al 95% de nivel de significancia

Tratamientos	ALS _D	DIF	SIG
T - 2	0,0255	0,121	*
T - 3	0,0255	0,129	*
T - 4	0,0255	0,136	*
T - 5	0,0255	0,207	*
T - 6	0,0255	0,006	NS
T - 7	0,0255	0,217	*
T - 8	0,0255	0,375	*
T - 9	0,0255	0,652	*

CV = 0.91%

➤ **Gluten Seco**

REPETICIONES	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
1	10,701	10,664	10,478	10,097	9,320	10,372	10,092	9,529	8,570
2	10,800	10,497	10,470	10,111	9,342	10,397	9,912	9,285	8,680
3	10,846	10,591	10,490	10,121	9,339	10,181	9,825	9,377	8,632
Promedio	10,782	10,584	10,479	10,110	9,334	10,317	9,943	9,397	8,627

Análisis de varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	11,915	1,489	210,61	2,51	*
ERROR	18	0,127	0,0071			
TOTAL	26	12,037				

Prueba de Dunnet al 95% de nivel de significancia

Tratamientos	ALS _D	DIF	SIG
T-2	0,2018	0,198	NS
T-3	0,2018	0,303	*
T-4	0,2018	0,673	*
T-5	0,2018	1,449	*
T-6	0,2018	0,466	*
T-7	0,2018	0,839	*
T-8	0,2018	1,385	*
T-9	0,2018	2,155	*

CV = 0,84%

➤ **Gluten Index**

REPETICIONES	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
1	96,311	94,070	95,453	86,637	89,120	82,471	80,471	77,376	78,080
2	95,802	92,632	91,911	85,771	84,242	89,251	81,857	77,377	68,660
3	98,784	93,522	88,530	87,231	85,911	76,881	83,621	77,384	70,530
Promedio	96,966	93,408	91,965	86,546	86,424	82,868	81,983	77,379	72,423

Análisis de varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	1481,890	185,236	19,058	2,51	*
ERROR	18	174,956	9,720			
TOTAL	26	1656,846				

Prueba de Dunnet al 95% de nivel de significancia

Tratamientos	ALS _D	DIF	SIG
T-2	7,4839	3,558	NS
T-3	7,4839	5,001	NS
T-4	7,4839	10,419	*
T-5	7,4839	10,541	*
T-6	7,4839	14,098	*
T-7	7,4839	14,983	*
T-8	7,4839	19,587	*
T-9	7,4839	24,542	*

CV = 3,64%

➤ **Falling Number**

REPETICIONES	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
1	437	348	297	256	236	311	256	240	218
2	430	350	309	265	246	306	259	246	220
3	411	349	288	274	253	292	264	238	219
Promedio	426	349	298	265	245	303	260	241	219

Análisis de varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	99563,333	12445,417	193,56	2,51	*
ERROR	18	1157,333	64,297			
TOTAL	26	100720,666				

Prueba de Dunnet al 95% de nivel de significancia

Tratamientos	ALS _D	DIF	SIG
T - 2	19,2484	77,000	*
T - 3	19,2484	128,000	*
T - 4	19,2484	161,000	*
T - 5	19,2484	181,000	*
T - 6	19,2484	123,000	*
T - 7	19,2484	166,333	*
T - 8	19,2484	184,667	*
T - 9	19,2484	207,000	*

CV = 2,77%

Anexo 3,2
Análisis estadístico de las características alveográficas de las mezclas de harinas

➤ **Tenacidad**

REPETICIONES	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
1	122	114	97	99	84	125	154	147	146
2	117	115	100	97	85	115	157	143	143
3	119	115	104	96	83	130	159	140	131
Promedio	119	115	100	97	84	123	157	143	140

Análisis de varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	13576,00	1697,00	94,08	2,51	*
ERROR	18	324,67	18,04			
TOTAL	26	13900,67				

Prueba de Dunnet al 95% de nivel de significancia

Tratamientos	ALS _p	DIF	SIG
T – 2	10,1949	4,667	NS
T – 3	10,1949	19,000	*
T – 4	10,1949	22,000	*
T – 5	10,1949	35,333	*
T – 6	10,1949	4,000	NS
T – 7	10,1949	37,333	*
T – 8	10,1949	24,000	*
T – 9	10,1949	20,667	*

CV = 3,55%

➤ **Elasticidad**

REPETICIONES	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
1	116	77	72	70	52	69	35	22	18
2	114	75	75	76	47	71	35	23	18
3	116	74	77	72	55	65	36	25	16
Promedio	115	75	75	73	51	68	35	23	17

Análisis de varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	22757,63	2844,70	522,50	2,51	*
ERROR	18	98,00	5,44			
TOTAL	26	22855,63				

Prueba de Dunnet al 95% de nivel de significancia

Tratamientos	ALS _D	DIF	SIG
T - 2	5,6012	40,000	*
T - 3	5,6012	40,667	*
T - 4	5,6012	42,667	*
T - 5	5,6012	64,000	*
T - 6	5,6012	47,000	*
T - 7	5,6012	80,000	*
T - 8	5,6012	92,000	*
T - 9	5,6012	98,000	*

CV = 3,95%

➤ Equilibrio

REPETICIONES	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
1	1,29	1,50	1,35	1,38	1,62	1,81	4,44	6,24	8,26
2	1,25	1,55	1,30	1,28	1,81	1,62	4,54	6,21	8,25
3	1,28	1,55	1,33	1,33	1,52	2,00	4,48	6,20	8,22
Promedio	1,27	1,53	1,33	1,33	1,65	1,81	4,49	6,22	8,24

Análisis de varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	161,777	20,222	2774,37	2,51	*
ERROR	18	0,131	0,007			
TOTAL	26	161,91				

Prueba de Dunnet al 95% de nivel de significancia

Tratamientos	ALS _D	DIF	SIG
T - 2	0,2049	0,260	*
T - 3	0,2049	0,053	NS
T - 4	0,2049	0,057	NS
T - 5	0,2049	0,377	*
T - 6	0,2049	0,537	*
T - 7	0,2049	3,213	*
T - 8	0,2049	4,943	*
T - 9	0,2049	6,970	*

CV = 2,76%

➤ **Fuerza (W)**

REPETICIONES	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
1	426	340	282	189	152	309	229	148	94
2	426	341	279	189	160	318	252	150	127
3	420	346	306	190	155	317	240	153	102
Promedio	424	342	289	189	156	315	240	150	108

Análisis de varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	261659,185	32707,398	410,36	2,51	*
ERROR	18	1464,667	79,704			
TOTAL	26	263093,852				

Prueba de Dunnet al 95% de nivel de significancia

Tratamientos	ALS _D	DIF	SIG
T - 2	21,4309	81,667	*
T - 3	21,4309	135,000	*
T - 4	21,4309	234,667	*
T - 5	21,4309	268,333	*
T - 6	21,4309	109,333	*
T - 7	21,4309	183,667	*
T - 8	21,4309	273,667	*
T - 9	21,4309	316,333	*

CV = 3,63%

Anexo 3,3

Análisis estadístico del volumen específico de los panes Francés y hamburguesa hechas con las mezclas de harinas

➤ Pan Francés

REPETICIONES	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
1	4,358	4,773	4,886	4,479	3,789	4,388	2,963	2,347	2,075
2	4,380	4,884	4,667	4,400	3,696	3,878	3,265	2,300	2,051
3	4,337	4,773	4,773	4,300	3,742	3,800	3,265	1,981	1,900
Promedio	4,358	4,810	4,775	4,393	3,743	4,022	3,165	2,209	2,009

Análisis de varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	26,320	3,290	42,483	2,51	*
ERROR	18	0,415	0,023			
TOTAL	26	26,74				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 0,02308

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,2512 ,2635 ,2711 ,2763 ,2801 ,2830 ,2851 ,2868

	Mean	N	TIPOS
A	4,8100	3	2
A			
A	4,7753	3	3
B	4,3930	3	4
B			
B	4,3583	3	1
C	4,0220	3	6
D	3,7423	3	5
E	3,1643	3	7
F	2,2093	3	8
F			
F	2,0087	3	9

CV = 4,08%

➤ Pan hamburguesa

REPETICIONES	TESTIGO	N1 (Harina flor)				N2 (Harina integral)			
		25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
1	4,688	6,356	5,957	4,583	2,609	3,152	3,404	2,021	1,596
2	4,688	6,63	5,957	4,583	2,553	3,085	3,404	2,065	1,596
3	4,583	6,489	5,957	4,49	2,581	3,085	3,478	2,021	1,596
Promedio	4,653	6,492	5,957	4,552	2,581	3,107	3,429	2,036	1,596

Análisis de varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	69,781	8,722	2609,55	2,51	*
ERROR	18	0,061	0,003			
TOTAL	26	69,842				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR
Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
Error Degrees of Freedom 18
Error Mean Square 0,0033

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
Critical Range ,1077 ,1129 ,1162 ,1184 ,1201 ,1213 ,1222 ,1229

	Mean	N	TIPOS
A	6,48400	3	2
B	5,95700	3	3
C	4,65300	3	1
C	4,55200	3	4
D	3,42867	3	7
E	3,10733	3	6
F	2,58100	3	5
G	2,03567	3	8
H	1,59600	3	9

CV = 1,51%

Anexo 4,1

Modelo de encuesta para análisis sensorial de pan Francés

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Frente a usted hay 9 muestras codificadas, las cuales debe probar una a la vez y marque con una X su juicio sobre esta muestra,

ATRIBUTO	PUNTAJE Y CALIFICACIÓN	Muestras								
		502	281	275	269	258	241	238	223	204
COLOR DE CORTEZA	1. muy dorado									
	2. dorado desigual									
	3. dorado optimo									
	4. decolorado									
	5. Muy decolorado									
TEXTURA DE CORTEZA	1. dura									
	2. gruesa									
	3. crujiente									
	4. firme									
	5. blando									
DISTRIBUCIÓN DE ALVEOLOS	1. muy grande									
	2. grandes rugoso									
	3. optima									
	4. cerrado irregular									
	5. muy cerrado									
COLOR DE MIGA	1. gris oscuro									
	2. gris suave									
	3. crema									
	4. Ligeramente cremoso									
	5. blanco									
TEXTURA DE MIGA	1. muy bueno									
	2. bueno									
	3. regular									
	4. desagradable									
	5. muy desagradable									
SABOR	1. Muy bueno									
	2. Bueno									
	3. Regular									
	4. desagradable									
	5. muy desagradable									
ACEPTABILIDAD	1. Muy bueno									
	2. Bueno									
	3. Regular									
	4. desagradable									
	5. muy desagradable									

Comentario:.....

GRACIAS

Anexo 4,2

Modelo de encuesta para análisis sensorial de pan hamburguesa

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Frente a usted hay 9 muestras codificadas, las cuales debe probar una a la vez y marque con una X su juicio sobre esta muestra,

ATRIBUTO	PUNTAJE Y CALIFICACIÓN	Muestras									
		502	281	275	269	258	241	238	223	204	
COLOR DE CORTEZA	1. muy dorado										
	2. dorado desigual										
	3. dorado optimo										
	4. decolorado										
	5. muy decolorado										
TEXTURA DE CORTEZA	1. dura										
	2. gruesa										
	3. firme										
	4. quebradiza										
	5. Blando										
DISTRIBUCIÓN DE ALVEOLOS	1. muy grande										
	2. grandes, rugoso										
	3. optima (característico uniforme)										
	4. cerrada irregular										
	5. muy cerrado										
COLOR DE MIGA	1. gris oscuro										
	2. gris suave										
	3. crema										
	4. ligeramente cremoso										
	5. blanco										
TEXTURA DE MIGA	1. muy bueno										
	2. bueno										
	3. regular										
	4. desagradable										
	5. muy desagradable										
SABOR	1. Muy bueno										
	2. Bueno										
	3. Regular										
	4. desagradable										
	5. muy desagradable										
ACEPTABILIDAD	1. Muy bueno										
	2. Bueno										
	3. Regular										
	4. desagradable										
	5. muy desagradable										

Comentario:.....

GRACIAS

Anexo 5,1

Resultados de evaluación de color de corteza de pan francés

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (TI)	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
	TI + N1 25%	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4
	TI + N1 50%	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	TI + N1 75%	5	4	5	5	4	4	4	5	4	5	4	5	4	5	5
	N1 100%	3	2	3	3	4	4	4	3	2	3	4	3	4	3	3
	TI + N2 25%	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2
	TI + N2 50%	1	3	1	1	3	3	1	1	3	1	3	1	3	1	1
	TI + N2 75%	2	4	2	2	2	2	2	2	3	2	4	2	4	2	2
	N2 100%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	38,904	4,863	11,693	2,012	*
ERROR	126	52,400	0,416			
TOTAL	134	91,304				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,4159

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,4171 ,4390 ,4535 ,4642 ,4725 ,4792 ,4847 ,4894

	Mean	N	TIPOS
A	4,5333	15	4
B	4,0000	15	3
B	3,8667	15	1
B	3,8000	15	2
C	3,2000	15	5
D	2,4667	15	8
D	2,2667	15	6
E	2,0000	15	9
E	1,8000	15	7

CV = 20,78 %

Anexo 5,2

Resultados de evaluación de Textura de corteza de pan francés

		REPETICIONES														
TRATAMIENTOS	HARINA	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
	Testigo (Tl)	4	2	3	4	4	3	3	2	3	4	3	3	4	3	2
	TI + N1 25%	3	2	2	3	3	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2
	TI + N1 50%	2	3	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3	2	3	3
	TI + N1 75%	2	3	4	2	2	2	4	3	4	2	3	3	2	3	3
	N1 100%	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4
	TI + N2 25%	3	2	4	3	3	4	4	2	4	3	4	2	3	4	2
	TI + N2 50%	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2	2	3
	TI + N2 75%	4	2	3	4	3	3	3	2	3	4	2	2	4	3	2
	N2 100%	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	38,904	4,86	11,69	2,012	*
ERROR	126	52,400	0,41			
TOTAL	134	91,304				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,4159

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,4812 ,5064 ,5232 ,5355 ,5450 ,5527 ,5591 ,5646

Duncan Grouping	Mean	N	TIPOS
A	3,6000	15	5
A			
B A	3,1333	15	6
B A			
B A	3,1333	15	1
B			
B C	2,9333	15	8
B C			
B C D	2,8000	15	4
C D			
C D	2,4667	15	3
D			
D	2,4000	15	2
D			
D	2,3333	15	7
E	1,6667	15	9

CV = 23,72 %

Anexo 5,3

Resultados de evaluación de Distribución de Alveolos del pan francés

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (TI)	2	4	4	2	3	3	4	3	3	3	2	3	2	3	2
	TI + N1 25%	2	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2
	TI + N1 50%	2	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	2
	TI + N1 75%	4	2	2	4	2	3	2	3	3	3	4	2	4	3	4
	N1 100%	3	2	2	3	4	4	2	4	3	3	3	4	3	4	3
	TI + N2 25%	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3
	TI + N2 50%	3	2	2	3	2	2	2	2	3	3	3	2	3	2	3
	TI + N2 75%	3	2	2	3	2	2	2	2	3	3	3	2	3	2	3
	N2 100%	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	46,504	5,813	16,55	2,012	*
ERROR	126	44,267	0,351			
TOTAL	134	90,771				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 1126
 Error Mean Square 0,3513

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,4558 ,4797 ,4955 ,5072 ,5162 ,5235 ,5296 ,5347

	Mean	N	TIPOS		
A	3,2000	15	6		
A					
A	3,1333	15	5		
A					
B	3,0000	15	4		
B					
B	A	C	2,8000	15	1
B		C			
B	C	2,6000	15	3	
	C				
	C	2,4667	15	8	
	C				
	C	2,4667	15	7	
	C				
	C	2,4000	15	2	
D	1,1333	15	9		

CV = 22,93 %

Anexo 5,4

Resultados de evaluación de Color de Miga del pan francés

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (T1)	2	4	3	3	3	2	3	3	3	3	2	4	4	4	4
	T1 + N1 25%	3	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4
	T1 + N1 50%	5	4	4	3	3	5	3	3	3	3	5	4	4	4	4
	T1 + N1 75%	4	5	5	3	3	4	3	3	5	3	4	5	5	5	5
	N1 100%	3	5	5	3	3	3	5	5	5	3	3	5	5	5	5
	T1 + N2 25%	4	3	3	2	2	4	2	2	3	2	2	3	3	3	3
	T1 + N2 50%	2	3	3	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3	3
	T1 + N2 75%	1	2	2	3	3	1	2	2	2	3	1	2	2	2	2
	N2 100%	2	1	1	3	3	2	3	1	1	3	2	1	1	1	1

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	99,348	12,419	21,376	2,012	*
ERROR	126	73,200	0,581			
TOTAL	134	172,548				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,5809

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,5353 ,5634 ,5820 ,5957 ,6064 ,6149 ,6221 ,6281

	Mean	N	TIPOS
A	4,2000	15	5
A			
A	4,0667	15	4
A			
A	3,8000	15	3
A			
B	3,6667	15	2
B			
B	3,1333	15	1
C			
D	2,7333	15	6
D			
D	2,5333	15	7
E			
F	2,0000	15	8
F			
F	1,7333	15	9

CV = 24,56 %

Anexo 5,5

Resultados de evaluación de Textura de Miga del pan francés

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (TI)	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2
	TI + N1 25%	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2
	TI + N1 50%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	TI + N1 75%	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2
	N1 100%	3	2	1	2	2	1	2	2	3	1	1	3	1	2	1
	TI + N2 25%	2	3	3	2	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2	3
	TI + N2 50%	2	3	3	2	2	3	2	3	2	3	3	2	3	2	3
	TI + N2 75%	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3
	N2 100%	3	2	2	3	3	2	3	3	3	2	2	3	2	3	2

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	9,2	1,15	4,30	2,012	*
ERROR	126	33,733	0,27			
TOTAL	134	42,933				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,2677

Number of Means 2 3 4 9 6 7 8 5
 Critical Range ,3808 ,4007 ,4140 ,4237 ,4313 ,4374 ,4425 ,4468

	Mean	N	TIPOS
A	2,6667	15	8
A			
A	2,5333	15	9
A			
A	2,5333	15	7
A			
A	2,4667	15	6
A			
B	2,4000	15	1
B			
B	2,4000	15	2
B			
B	2,4000	15	4
B			
B	2,0000	15	3
C			
C	1,8000	15	5

CV = 21,97 %

Anexo 5.6

Resultados de evaluación del Sabor del pan francés

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (T1)	2	2	3	3	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	2
	TI + N1 25%	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	2	2	3
	TI + N1 50%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	TI + N1 75%	2	2	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2
	N1 100%	2	2	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2
	TI + N2 25%	2	2	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2
	TI + N2 50%	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2
	TI + N2 75%	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	2	2	3
	N2 100%	2	2	3	4	2	4	2	2	3	2	2	2	2	4	3

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	5,08	0,64	2,47	2,012	*
ERROR	126	32,40	0,26			
TOTAL	134	37,48				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,2571

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,3562 ,3748 ,3872 ,3963 ,4034 ,4091 ,4139 ,4179

	Mean	N	TIPOS
A	2,6000	15	9
A			
A	2,6000	15	2
A			
A	2,6000	15	8
A			
B	2,4000	15	1
B			
B	2,3333	15	5
B			
B	2,3333	15	6
B			
B	2,2667	15	4
B			
B	2,2000	15	7
B			
B	2,0000	15	3

CV = 21,39 %

Anexo 5,7

Resultados de evaluación de Aceptabilidad del pan francés

HARINA	REPETICIONES														
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
Testigo (T1)	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3
TI + N1 25%	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2
TI + N1 50%	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2
TI + N1 75%	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3
N1 100%	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1
TI + N2 25%	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1
TI + N2 50%	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3
TI + N2 75%	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3
N2 100%	2	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	2	4	2

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	18,33	2,29	6,83	2,012	*
ERROR	126	42,27	0,33			
TOTAL	134	60,60				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,3354

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,4184 ,4403 ,4549 ,4656 ,4739 ,4806 ,4862 ,4909

	Mean	N	TIPOS
A	3,3333	15	9
B	2,6667	15	2
B			
C	2,3333	15	7
C			
C	2,3333	15	4
C			
C	2,3333	15	1
C			
C	2,3333	15	8
C			
C	2,2000	15	3
C			
C	2,0667	15	6
C			
C	2,0667	15	5

CV = 24,06%

Anexo 6,1

Resultados de evaluación de color de corteza de pan hamburguesa

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (T1)	4	4	3	4	3	4	4	4	4	2	3	2	2	4	3
	TI + N1 25%	3	2	4	2	2	4	2	3	3	3	3	3	3	3	2
	TI + N1 50%	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	2
	TI + N1 75%	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2
	N1 100%	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	4	2	2	2	3
	TI + N2 25%	3	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	3	2
	TI + N2 50%	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	4	2	3	2	3
	TI + N2 75%	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
	N2 100%	2	4	4	2	2	4	2	4	3	4	4	4	4	3	4

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	19,08	2,39	5,08	2,012	*
ERROR	126	51,07	0,41			
TOTAL	134	69,75				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,4052

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,4580 ,4821 ,4980 ,5097 ,5188 ,5261 ,5322 ,5374

	Mean	N	TIPOS
A	3,3333	15	1
A	3,3333	15	9
B	2,8667	15	2
B	2,7333	15	3
B	2,6667	15	4
B	2,4000	15	6
B	2,4000	15	7
B	2,4000	15	5
C	2,2667	15	8

CV = 23,55%

Anexo 6,2

Resultados de evaluación de Textura de corteza de pan hamburguesa

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (T1)	4	2	2	2	2	4	3	4	3	4	3	3	3	2	4
	TI + N1 25%	4	3	3	3	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	4
	TI + N1 50%	4	4	3	3	4	4	3	2	3	2	4	2	3	4	4
	TI + N1 75%	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	N1 100%	3	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	4	1	3	2
	TI + N2 25%	3	2	4	3	3	3	3	1	1	1	4	3	3	3	3
	TI + N2 50%	2	4	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2
	TI + N2 75%	3	3	3	4	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3
	N2 100%	1	1	2	2	3	2	3	1	3	1	2	3	1	3	2

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	32,73	4,09	6,88	2,012	*
ERROR	126	74,93	0,59			
TOTAL	134	107,66				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,5947

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,5495 ,5783 ,5975 ,6115 ,6224 ,6312 ,6385 ,6447

	Mean	N	TIPOS
A	3,4667	15	2
A			
B	3,2667	15	3
B			
B	3,0000	15	1
B			
B	2,8000	15	4
D			
D	2,6667	15	6
D			
D	2,6000	15	8
D			
E	2,2667	15	7
E			
E	2,0000	15	5
E			
E	2,0000	15	9

CV = 28,84%

Anexo 6,3

Resultados de evaluación de Distribución de alveolos del pan hamburguesa

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (TI)	3	4	3	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	2	3
	TI + N1 25%	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
	TI + N1 50%	3	3	2	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3
	TI + N1 75%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
	N1 100%	4	3	3	4	3	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3
	TI + N2 25%	3	4	4	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	4	3
	TI + N2 50%	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3
	TI + N2 75%	3	3	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	4
	N2 100%	5	4	4	5	3	3	4	3	5	3	5	5	5	4	3

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	31,47	3,99	12,35	2,012	*
ERROR	126	40,13	0,32			
TOTAL	134	71,60				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,3185

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,4181 ,4401 ,4546 ,4653 ,4736 ,4803 ,4859 ,4906

	Mean	N	TIPOS
A	4,0667	15	9
B	3,4667	15	8
B	3,4667	15	7
B	3,4667	15	5
B	3,4000	15	6
C	3,0667	15	4
C	2,9333	15	3
C	2,6667	15	1
D	2,3333	15	2

CV = 17,64 %

Anexo 6,4

Resultados de evaluación de Color de miga del pan hamburguesa

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (TI)	4	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3
	TI + N1 25%	4	3	3	3	3	5	4	3	4	3	3	3	3	3	3
	TI + N1 50%	4	4	3	5	3	5	3	4	4	4	4	5	3	5	4
	TI + N1 75%	5	4	3	5	3	4	3	3	3	3	5	5	3	3	5
	N1 100%	3	4	3	3	3	3	4	4	3	4	3	5	5	4	5
	TI + N2 25%	5	4	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	4	3	3
	TI + N2 50%	3	3	3	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3	3	4
	TI + N2 75%	1	3	3	1	3	3	3	3	2	3	2	2	3	3	2
	N2 100%	1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	1	2	3	3	3

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	3,33	4,17	8,41	2,012	*
ERROR	126	62,40	0,50			
TOTAL	134	95,73				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,4952

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,5140 ,5409 ,5588 ,5719 ,5821 ,5904 ,5972 ,6030

	Mean	N	TIPOS
A	4,0000	15	3
A			
B	3,8000	15	4
B			
B	3,7333	15	5
B			
B	3,6667	15	1
B			
B	3,4667	15	6
B			
B	3,3333	15	2
B			
B	3,3333	15	7
C	2,6000	15	8
C			
C	2,6000	15	9

CV = 20,83 %

Anexo 6,5

Resultados de evaluación de textura de miga del pan hamburguesa

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (TI)	3	3	2	3	2	2	3	3	2	2	3	2	3	2	3
	TI + N1 25%	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2
	TI + N1 50%	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
	TI + N1 75%	2	2	3	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	2	3
	N1 100%	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2
	TI + N2 25%	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2
	TI + N2 50%	2	2	3	2	4	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2
	TI + N2 75%	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	2	3	2	2	2
	N2 100%	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	5,2	0,65	2,75	2,012	*
ERROR	126	29,73	0,24			
TOTAL	134	34,93				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,2360

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,3554 ,3740 ,3864 ,3955 ,4025 ,4082 ,4130 ,4170

	Mean	N	TIPOS
A	2,7333	15	9
A			
B A	2,6667	15	7
B A			
B A C	2,5333	15	5
B A C			
B A C	2,5333	15	1
B A C			
B A C	2,4000	15	8
B A C			
B A C	2,3333	15	4
B C			
B C	2,2667	15	3
C			
C	2,2000	15	6
C			
C			
C	2,1333	15	2

CV = 20,05 %

Anexo 6.6

Resultados de evaluación de sabor del pan hamburguesa

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (TI)	2	2	3	3	3	1	2	1	2	3	2	3	2	2	3
	TI + N1 25%	2	3	2	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2	2	2
	TI + N1 50%	3	3	2	3	1	3	1	2	3	1	3	2	3	2	1
	TI + N1 75%	3	3	3	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	2	3
	N1 100%	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3
	TI + N2 25%	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	2	1	2	3	1
	TI + N2 50%	3	3	3	3	2	3	2	4	3	2	3	3	3	3	2
	TI + N2 75%	3	3	5	5	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	N2 100%	3	3	3	3	3	4	3	5	3	3	3	3	3	3	3

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	26,13	3,27	7,8	2,012	*
ERROR	126	52,27	0,41			
TOTAL	134	78,40				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,4148

Number of Means 2 3 4 5 6 7 8 9
 Critical Range ,4562 ,4801 ,4960 ,5077 ,5167 ,5241 ,5301 ,5353

	Mean	N	TIPOS
A	3,4000	15	8
A			
B A	3,2000	15	9
B			
B C	2,8000	15	7
B			
B C D	2,7333	15	5
C			
C D	2,4667	15	4
E			
E D	2,2667	15	6
E			
E D	2,2667	15	1
E			
E	2,2000	15	3
E			
E	2,0667	15	2

CV = 24,67 %

Anexo 6,7

Resultados de evaluación de aceptabilidad del pan hamburguesa

		REPETICIONES														
HARINA		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15
TRATAMIENTOS	Testigo (TI)	1	3	2	2	3	1	2	1	2	2	2	3	2	2	2
	TI + N1 25%	2	2	3	2	2	3	3	2	1	2	1	2	2	1	2
	TI + N1 50%	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2
	TI + N1 75%	3	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2	3	3
	N1 100%	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	TI + N2 25%	2	3	3	2	2	3	2	2	1	2	1	2	2	2	2
	TI + N2 50%	2	3	4	3	3	4	2	4	2	3	2	3	2	3	3
	TI + N2 75%	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	N2 100%	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3

Análisis de Varianza al 95% de nivel de significancia

	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRATAMIENTOS	8	29,61	3,70	13,15	2,012	*
ERROR	126	35,47	0,28			
TOTAL	134	65,08				

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Duncan's Multiple Range Test for CANTIDAD

Alpha 0,05
 Error Degrees of Freedom 126
 Error Mean Square 0,2815

Number of Means 6 3 4 5 2 7 8 9
 Critical Range ,3744 ,3940 ,4070 ,4166 ,4240 ,4300 ,4350 ,4392

	Mean	N	TIPOS	
A	3,2000	15	9	
A				
A	3,0667	15	5	
A				
A	3,0000	15	8	
A				
B	2,8667	15	7	
B				
B	C	2,6000	15	4
	C			
D	C	2,2667	15	3
D				
D	2,0667	15	6	
D				
D	2,0000	15	2	
D				
D	2,0000	15	1	

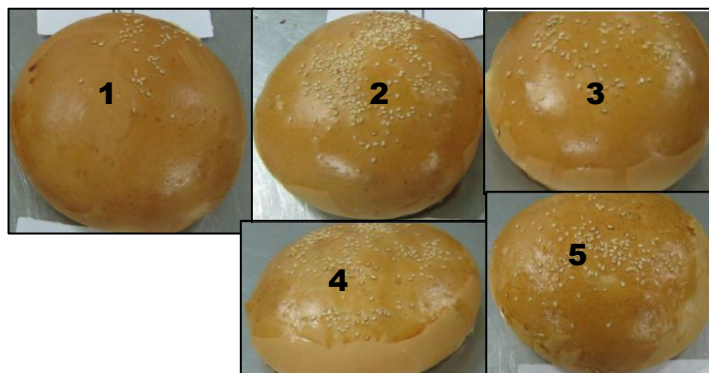
CV = 24,64 %

Anexo 7
Pruebas de Panificación

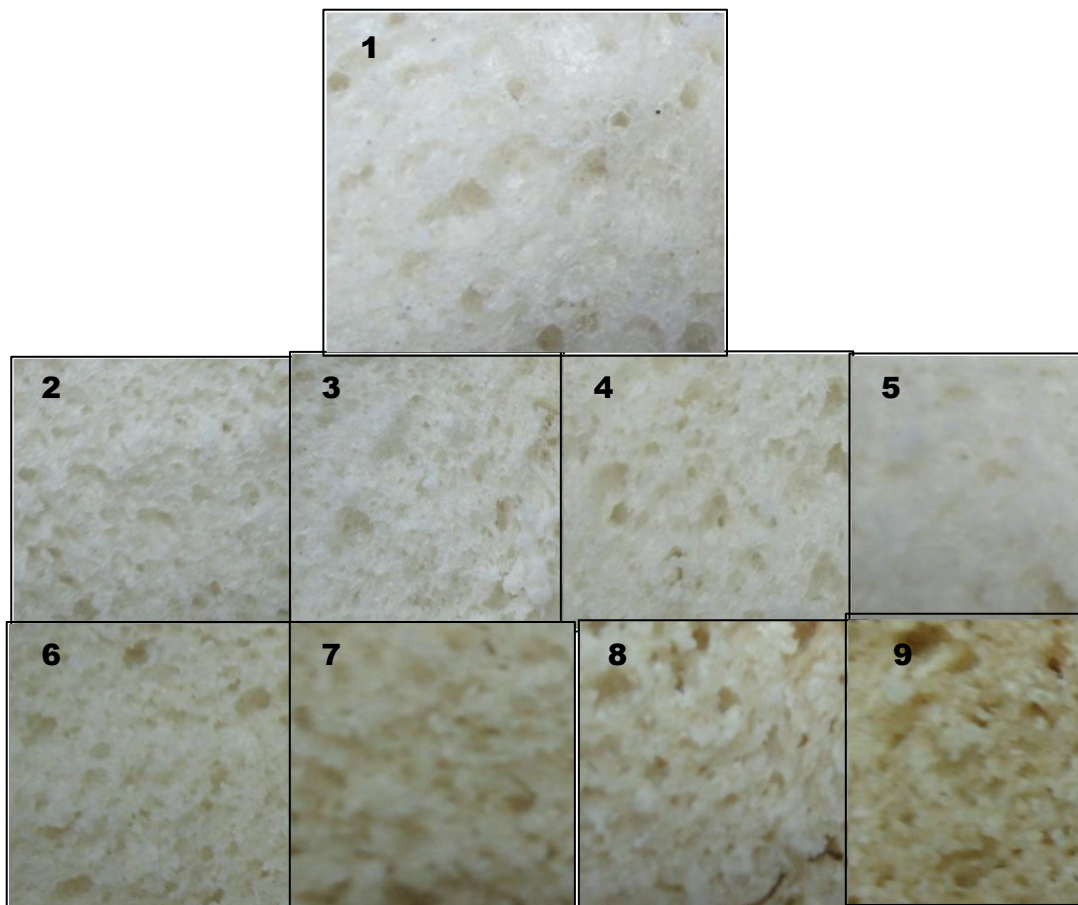
- 1. Color y textura de Corteza del pan Francés procesadas con sustitución de Harinas N1 y N2**



- 2. Color y textura de Corteza del pan Hamburguesa procesadas con sustitución de Harina N1**



3. Distribución alveolar y color de miga del pan Francés procesadas con sustitución de Harinas N1 y N2



Anexo 8

Fotografías del Proceso Experimental



Foto N°1: Granos de trigo INIA – 418 “El Nazareno”



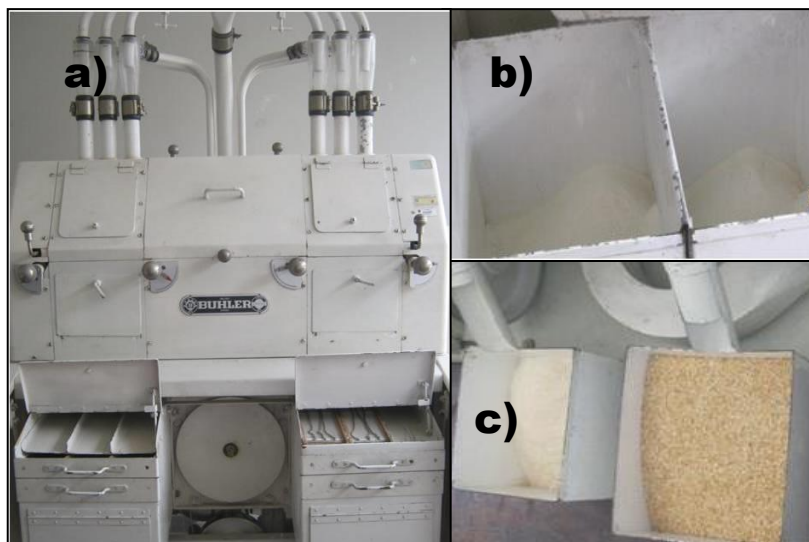
Foto N°2: Determinación de Peso helectrolítrico del Trigo



Foto N°3: Determinación de Dureza del grano



Foto N°4: Determinación de Ceniza y humedad



a) Molino de Buhler. b) recepción de harina flor. C) recepción de salvado y semolina

Foto N°5: Obtención de Harina Flor N1



Foto N°6: Masas de las harinas (1) flor, (2) integral



Foto N°7: Análisis Sensorial de panes

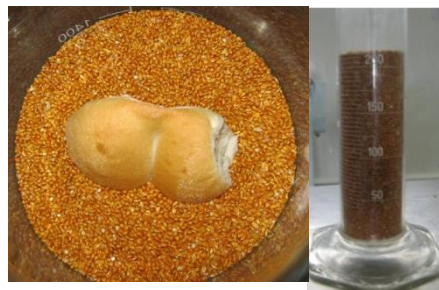


Foto N°8: Determinación de volumen de pan (principio de Arquímedes)



Foto N°9: Exposición de Proyectos de investigación en la Feria Aprolab II, formando parte del equipo CETPRO “Joaquín López Antay”

Anexo 9

Ficha técnica del Trigo INIA – 418 “El Nazareno”

La estación experimental Agraria Canaán Ayacucho, del Instituto Nacional de Investigación Agraria pone a disposición de los productores la nueva variedad de trigo harinero INIA-418 “El Nazareno”, que responde a las condiciones agroecológicas de la región Ayacucho, con buenas características de sanidad, producción y calidad de grano, Esta variedad posee resistencia a la roya de tallo y de la hoja, y es moderadamente resistente a la roya amarilla, Su productividad promedio es de 4Tn/Ha, una tonelada más que las variedades locales, bajos las mismas condiciones de manejo,

Origen,

La nueva variedad INIA-418 “El Nazareno”, se originó de la línea KEA/TOW/LIRA con Pedigree: CM90450-1Y-OM-OY-3M-OY del centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT), sus progenitores fueron:

Progenitor masculino: KEA/TOW

Progenitor femenino: LIRA

Adaptación

Es recomendable para las condiciones de sierra del Perú entre los 2800 y 3500 m de altitud,

Descripción del cultivar,

Características agronómicas,

Macollamiento	: Regular
Tipo de espiga	: Arista
Densidad de espiga	: Intermedia
Color de grano	: Amarillo ámbar
Nº promedio de granos/espiga	: 48
Peso hectolítrico	: 78 kg/hl
Peso de mil granos	: 41,90g
Altura de planta	: 85,00 cm

Días a espigado : 77
Días a madurez : 160
Rendimiento promedio en campo de agricultores : 4,0 t/ha

Reacción a enfermedades

Roya amarilla o lineal (<i>Puccinia striiformis</i>)	Moderadamente resistente
Roya del tallo (<i>P. graminis, f. sp. tritici</i>)	Resistente
Roya de la hoja (<i>P. recondita</i>)	Resistente
Roya de la espiga (<i>Fusarium spp</i>)	Tolerante
Manchas foliares (<i>Alternaria tritici</i>)	Tolerante

Manejo del cultivo

Rotación,-Como otros cereales, puede ser útil en rotaciones con leguminosas (arveja, lenteja, frijol, haba), papa y maíz,

Época de siembra,-En la sierra campaña grande, entre noviembre y diciembre; y en campaña chica, entre junio y julio, Es una variedad que responde bien a la siembra de campaña chica, De preferencia sembrar en surco, para facilitar el riego,

Cantidad de semilla por hectárea,

Siembra al voleo : 140-150 kg/ha

Siembra en líneas con yunta : 120 kg/ha

Abonamiento,-Abonar de acuerdo al análisis del suelo; se recomienda un nivel de fertilización de 80-80-40 de N-P₂O₅-K₂O, aplicando a la siembra el 50% de nitrógeno, con el fósforo y potasio; y el 50% del nitrógeno restante en el macollamiento,

Control de malezas,-Buenas prácticas de rotación de cultivos y de preparación del suelo evitarán la invasión de malezas, Es recomendable mantener el campo libre de malezas, al menos, hasta la fase del macollamiento para favorecer la mayor producción de macollos por planta y el uso óptimo del abono, Para malezas de hoja ancha se puede hacer un control químico, habiendo diversos productos en el mercado, Las malezas de hoja angosta deben ser extraídas manualmente,

Cosecha y almacenamiento,-La cosecha debe realizarse cuando se observa la resistencia del grano al diente (16 a 18% de humedad) a fin de obtener un producto de buena calidad y evitar las pérdidas por desgrane o el deterioro del grano, Si se realiza la trilla tradicional con animales, el uso de mantas sobre las arras es una práctica muy útil para obtener granos limpios y de buena calidad,

Para evitar pérdidas de granos en el almacenamiento, éstos deben estar secos (menos del 14% de humedad) y guardarse en envases herméticos y lugares fríos y bien ventilados,

Indicadores productivos y económicos,

Indicador	INIA 418 El Nazareno	Variedad local
Rendimiento	3,951 kg/ha	2,695 kg/ha
Ingreso neto	S/,983	S/,370
Rentabilidad	44,67%	20,33%
Variabilidad del Rdto,	13,55%	14,00%
Variabilidad del costo,	4,17%	5,83%

Reconocimiento

A los agricultores cooperantes y al equipo de científicos y técnicos del programa Nacional de Investigación en Cultivos andinos de las estaciones Experimentales: Canaán-Ayacucho, Baños del Inca-Cajamarca, Andenes-Cusco y Santa Ana-Huancayo del instituto Nacional de Investigación agraria, quienes desarrollaron la nueva variedad INIA 418-El Nazareno,

Fuente: INIA-Ayacucho (2007),

Anexo Nº 10

NORMA TÉCNICA NACIONAL DE HARINA DE TRIGO

(ITINTEC 205,027)

Anexo 11

Informe de Calidad de la Cosecha de Trigo (2008/2009)





GRANOZME XBF PLUS

- > Mezcla de variedades que proveen estabilidad a la maza sin causar pegajosidad.
- > Proporciona incremento de volumen al pan.

GRANOZME LF

- > Endema losolopazo.
- > Mejora volumen y forma.
- > Obliga una greater abstrura más marcada en el pan tipo frances.
- > Aumenta la tolerancia a fermentaciones prolongadas.



TRIGO ZONA NORTE

La muestra conjunto de la zona norte del Perú incluye las variedades más representativas encontradas en esta zona: Centenario, San Isidro, Gavilán, Andino, El Nazareno y Moray, las cuales provienen de los departamentos de Piura, Ancash, la Libertad y Cajamarca.

La producción total en esta zona fue de 113,768 t. No se registró incremento significativo con relación a la producción del año 2007.

El rendimiento promedio por hectárea fue

PRODUCCIÓN

Producción Total (t) 113,768
Rinde Promedio (t/Ha) 1,59

ANÁLISIS COMERCIAL

Grado	1
Peso hectolitrico (kg/Hl)	80,3
Granos dañados (%)	0,58
Materias extrañas (%)	0,02
Granos chupados y quebrados (%)	0,30

ANÁLISIS DE CALIDAD

Peso de 1000 gramos (g)	52,90
Proteínas ss (%)	12,70
Humedad en trigo (%)	14,44
Cenizas en trigo ss (%)	1,61
Humedad de harina	12,97
Cenizas en harina (15%)	0,55
Gluten húmedo (%)	27,86
Gluten seco (%)	9,31
Gluten Index	80
Falling Number (seg)	391

RESULTADOS DE PANIFICACIÓN



Sin oxidantes y enzimas

Con oxidantes y enzimas

Volumen con Oxidante (cm³) : 152,8
+ Enzimas (cm³) : 207

RESULTADOS ALVEOGRÁFICOS.





GRANOZYMEGO 1500

- > Enzima glucosasa oxidasa.
- > Refuerza el gluten favoreciendo la retención de gas.
- > Contribuye a obtener una masa más seca.
- > Proporciona mejor abertura de greda.

GRANOZYMEFA 100

- > Enzima alfa amilasa concentrada.
- > Corrector de la actividad diastásica de la harina.
- > Favorece la producción de azúcares y por ende, la fermentación.



TRIGO ZONA CENTRO

La muestra conjunto del centro del Perú incluye las variedades más representativas encontradas en esta zona: Centenario, Anita T-4 y Andino, las cuales provienen de los departamentos de Lima, Junín, Huánuco y Huancavelica.

La producción total en esta zona fue de 30,302 t; se registró incremento de 17.5% con relación al año 2007.

El rendimiento promedio por hectárea fue de 1.411 t/ha. De la evaluación realizada a las muestras

recibidas, en lo referido al análisis comercial, el trigo se clasificó como grado 1; el valor de peso hectolitrico fue bueno. El contenido de proteínas fue intermedio, así como el valor de gluten, el cual indica que estos trigos serían apropiados para la panificación. En cuanto al Valor de Falling Number, éste se encuentra dentro del rango normal.

Las características reológicas muestran un trigo de tenacidad (P) intermedia y extensibilidad (L) buena, con valor de W intermedio.

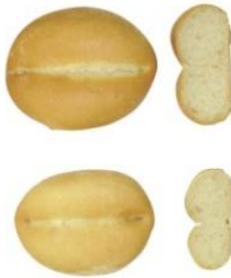
PRODUCCIÓN

Producción Total (t)	30,302
Rinde Promedio (t/ha)	1.41

ANÁLISIS COMERCIAL

Grado	1
Peso hectolitrico (kg/hl)	80.3
Granos dañados (%)	0.18
Materias extrañas (%)	1.43
Granos chupados y quebrados (%)	0.06

RESULTADOS DE PANIFICACIÓN



Sin aditivos

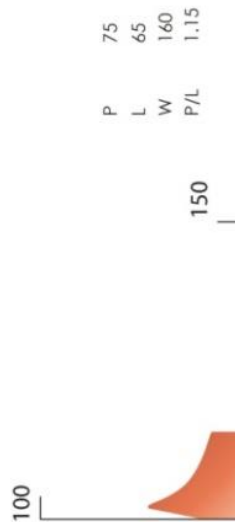
Con oxidantes y enzimas

Volumen con Oxidante (cm³): 181.6
Volumen con Oxidante + Enzimas (cm³): 255

ANÁLISIS DE HARINA

Peso de 1000 granos (g)	50.13
Proteínas ss (%)	12.82
Humedad en trigo (%)	13.50
Cenizas en trigo ss (%)	1.73
Humedad de harina	13.01
Cenizas en harina (1.5%)	0.51
Gluten húmedo (%)	27.92
Gluten seco (%)	9.44
Gluten Index	82
Falling Number (seg)	415

RESULTADOS ALVEOGRÁFICOS.





TRIGO ZONA SUR

La muestra conjunta de la zona sur del Perú incluye las variedades más representativas encontradas en esta zona: Andino, Gavilán, El Nazareno, San Isidro, las cuales provienen de los departamentos de Cuzco, Ayacucho, Arequipa y Apurímac. La producción total en esta zona fue de 62.216 t; se registró un incremento significativo de 29.5% con relación a la producción del año 2007. El rendimiento promedio por hectárea fue de 3.26 t/ha. De la evaluación realizada a las muestras

recibidas, en lo referido al análisis comercial, el trigo se clasificó como grado 1; el valor de peso hectolitrico fue bueno. El contenido de proteínas fue alto, así como el valor de gluten el cual indicaría que estos trigos serían apropiados para la panificación; es importante mencionar que el valor de Gluten Index fue relativamente bajo. En cuanto al Valor de Falling Number, éste se encuentra dentro del rango normal. Las características reológicas muestran un trigo de buena tenacidad (P) y extensibilidad (L) media, con valor de W relativamente bajo.

PRODUCCIÓN

Producción Total (t) 62.216
Rinde Promedio (t/ha) 3.26

ANÁLISIS COMERCIAL

Grado 1
Peso hectolitrico (kg/Hl) 81.1
Granos dañados (%) 1.01
Materias extrañas (%) 0.23
Granos chupados y quebrados (%) 0.01

ANÁLISIS DE HARINA

Peso de 1000 granos (g) 51.91
Proteínas ss (%) 13.07
Humedad en trigo (%) 12.27
Cenizas en trigo ss (%) 1.71
Humedad de harina 13.51
Cenizas en harina (15%) 0.52
Gluten húmedo (%) 31.87
Gluten seco (%) 10.82
Gluten Index 74
Falling Number (seg) 417

RESULTADOS DE PANIFICACIÓN

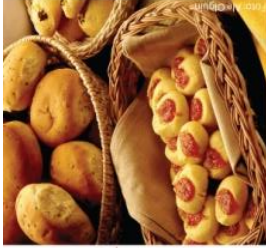
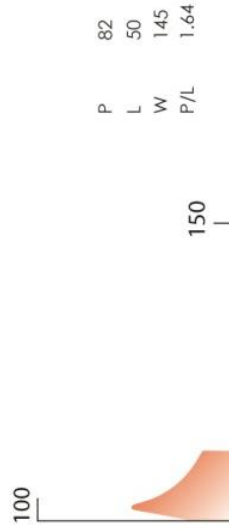


Sin aditivos

Con oxidantes y enzimas

Volumen con Oxidante (cm³): 110.5
Volumen con Oxidante + Enzimas (cm³): 182

RESULTADOS ALVEOGRÁFICOS.



GRANOVITC-ADAMIX²³

> Oxidantes que actúan reforzando la red de gluten, alargando tenacidad y favoreciendo el volumen del pan.

GRANOMIXRELAX

> Mejora la maquinabilidad de las harinas con alta tenacidad, favoreciendo mejor extensibilidad de la masa y mayor volumen en el pan.



TRIGO ZONA SUR ▲