

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**CONSTRUCCION DE PROTOTIPO DE HORNO DE BAJO COSTO Y
EVALUACION EN COCCION DE PAN MOLDE CON SUSTITUCION
PARCIAL DE HARINA DE QUINUA POR HARINA DE TRIGO**

PRESENTADA POR:

WILLINGTON ABARCA PACHECO

EDWIN LEON RODRIGUEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERU

2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

“CONSTRUCCION DE PROTOTIPO DE HORNO DE BAJO COSTO Y EVALUACION
EN COCCION DE PAN DE MOLDE CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE
QUINUA POR HARINA DE TRIGO”

WILLINGTON ABARCA PACHECO

EDWIN LEON RODRIGUEZ

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

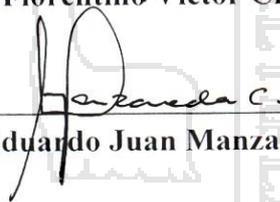
:



M.Sc. Florentino Victor Choquehuanca Caceres

PRIMER MIEMBRO

:



Ing. Eduardo Juan Manzaneda Cabala

SEGUNDO MIEMBRO

:

M.Sc. Alejandro Coloma Paxi

DIRECTOR

:



M.Sc. Roger Segura Peña

ASESOR

:

M.Sc. Thomas Ancco Vizcarra

PUNO - PERU
2010

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

INDICE

	Pág.
1. RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	2
2. REVISISON BIBLIOGRAFICA	3
2.1. Construcción	3
2.1.1. aspectos relacionados al diseño y construcción de hornos	3
2.1.2. transferencia de calor en los materiales	4
2.1.3. acero inoxidable	6
2.1.4. conductividad térmica de los materiales de aislamiento	7
2.2. Pan de Molde	7
2.2.1. Definición del pan de molde	7
2.2.2. Procesos de fabricación del pan	8
2.2.3. Calificación del pan	12
2.3. Quinua	13
2.3.1. Composición química	13
2.3.2. Usos de la quinua	16
2.4. El trigo y panificación con harinas de trigo	16
2.4.1. Ingredientes y proceso	17
3. MATERIALES Y METODOS	21
3.1. Lugar de ejecución	21
3.2. Materia prima	21
3.3. Materiales y equipos	21
3.4. Métodos	22
3.4.1. Métodos para determinar las características de la construcción del prototipo de horno	22
3.4.2. Métodos para determinar el tiempo de cocción y curvas de calentamiento	22
3.4.3. Método para la evaluación sensorial del pan molde	23
3.5. Metodología	23
3.5.1. Metodología de construcción del horno	24
3.5.2. Metodología para determinar el tiempo de cocción de pan de molde	24
3.5.2.1. Preparación del pan de molde	24
3.5.2.2. Temperatura de gelatinización	26
3.5.2.3. Metodología para evaluar el perfil de T° y Tiempo de cocción	26
3.6. Diseño experimental y Análisis de datos	26
3.6.1. Diseño experimental	26

3.6.2.	Análisis de datos	28
4.	RESULTADOS	29
4.1.	Resultados de construcción de prototipo de horno	29
4.1.1.	Balace térmico del horno construido	30
4.2.	Resultado de la cocción de pan de molde con sustitución de harina de trigo por quinua	31
4.2.1.	Evaluación del volumen desarrollado en el pan de molde	31
4.2.2.	Resultado de la evaluación del peso del pan de molde	33
4.2.3.	Evaluación de la textura de pan de molde	34
4.2.4.	Evaluación sensorial de los mejores productos	37
4.3.	Resultado de perfil de temperatura de gelatinización	38
4.4.	Resultados de temperatura de cocción de la mejor muestra de pan de molde	42
5.	CONCLUSIONES	44
6.	RECOMENDACIONES	45
7.	BIBLIOGRAFIA	46
8.	ANEXOS	49
8.1.	Plano de construcción del prototipo de horno	50
8.2.	Calculo del área y balace térmico del horno	54
8.3.	Análisis de varianza para el volumen del pan de molde	66
8.4.	Análisis de varianza para el peso del pan de molde	68
8.5.	Análisis de Varianza para la textura de pan de molde	71
8.6.	Análisis de varianza para el sabor de pan de molde	73
8.7.	Análisis de varianza para el olor de pan de molde	74
8.8.	manual de instrucción del prototipo de horno	75
9.	INDICE DE FIGURAS	
9.1.	Fig. N° 01 Elaboración de pan de molde	9
9.2.	Fig. N° 02 Secuencia de la metodología seguida	23
9.3.	Fig. N° 03 Prototipo de horno	29
9.4.	Fig. N° 04 Vista de la cámara interna del prototipo de horno	30
9.5.	Fig. N° 05 Desarrollo del volumen de pan de molde a diferentes sustituciones	32
9.6.	Fig. N° 06 Factores que influye en el volumen del pan de molde	32
9.7.	Fig. N° 07 Factores que influyen en el peso	34
9.7.	Fig. N° 08 Factor que influye en la textura de la corteza del pan de molde	35
9.8.	Fig. N° 09 Calidad de la textura en la miga del pan para diferentes tratamientos	36
9.9.	Fig. N° 10 Efecto estandarizado para la textura	37
9.10.	Fig. N° 11 – 19 Resultados de la temperatura de gelatinización a diferentes tratamientos	40
9.11.	Fig. N° 20 Temperatura de cocción del pan de molde	43
10.	INDICE DE TABLAS	
10.1	Tabla N° 01 Composición nutricional del pan	8
10.2.	Tabla N° 02 Defectos del pan	11

10.3. Tabla N° 03	Parámetros de calificación del pan	12
10.4. Tabla N° 04	Análisis proximal de la quinua	12
10.5. Tabla N° 05	Contenido de aminoácidos de la quinua	12
10.6. Tabla N° 06	Valor nutricional de la quinua comparado con otros cereales	15
10.7. Tabla N° 07	Comparativo de los componentes de la quinua con otros alimentos	15
10.8. Tabla N° 08	Composición de harinas de panificación	18
10.9. Tabla N° 09	Niveles de sustitución de la harina de trigo	20
10.10. Tabla N° 10	Porcentajes de sustitución de harina de trigo por quinua	22
10.11. Tabla N° 11	Escala hedónica para evaluar el sabor y olor del pan de molde	23
10.12. Tabla N° 12	Tratamiento para estudio de sustitución en la propiedades sensoriales del pan de molde	27
10.13. Tabla N° 13	Balance térmico de entradas de calor en el prototipo de horno	30
10.14. Tabla N° 14	Balance térmico de salidas de calor en el prototipo de horno	31
10.15. Tabla N° 15	Tratamientos para realizar la evaluación sensorial	38
10.16. Tabla N° 16	Temperatura de gelatinización de diferentes muestras con sustitución de harina de trigo por quinua	39



RESUMEN

El estudio de la construcción del prototipo de horno de bajo costo y la evaluación en cocción de pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), se realizó en la ciudad de Puno, a 3825 m.s.n.m. en el laboratorio de postcosecha de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano Puno – Perú. Tuvo como objetivos determinar, las características del prototipo de horno, el tiempo de cocción del pan de molde, para lo cual se determinó el volumen, peso, textura, gelatinización y evaluación sensorial del producto obtenido. Las características del horno se determinaron considerando la ecuaciones básicas de transferencia de calor, con la que se determinó la entrega y salida de calor para el proceso de elaboración de pan molde, en tanto el volumen se determinó por descripción directa teniendo en cuenta el área del molde del pan y el peso del pan obtenido por pesada directa en balanza analítica, en tanto las pruebas sensoriales se evaluaron bajo una escala hedónica de 5 puntos y la temperatura de gelatinización se determinó por lectura directa en el termopar. Los resultados obtenidos fueron; El horno construido tiene una longitud interna del cilindro de 69.0 cm, 43.0 cm. de ancho; las dimensiones externas que presentan son, longitud 0,66 de largo, 0,65 cm. de ancho 83,5 cm. de alto y un diámetro de 45 cm. Presenta una base de 0,61 por 0,62 construido de perfiles angulares de fierro y pintado de color plomo con un área de cocción de 0.5437m². El volumen logrado fue de 3086,98 m³ a un nivel de sustitución de 22,7184% de quinua y 76,9026 % de trigo, y un volumen mínimo de 963,532m³ a 58,2843% de quinua y 41,7157% de trigo; Obteniéndose un peso máximo de 584,623gr. y un mínimo de 542,87gr., se determinó la textura Mínima de 11,5077 dmm, y máximo de 34,0045 dmm, alcanzándose una temperatura mínima de gelatinización de 81,5°C en la sustitución 30:70 y un máximo de temperatura de gelatinización 87,3°C a un nivel de sustitución de 35,71% de harina de quinua y 64,29% de harina trigo. De la determinación de las pruebas sensoriales el pan de molde a nivel de sustitución del 35.7% y 30% de harina de quinua por harina de trigo presentaron mejor aroma y mejor sabor a quinua sin alterar su forma y volumen logrando calificativos de 4,18 y 3,99 en sabor y para el olor en 4.25 y 3.75 en la prueba de Duncan al 95% de nivel de confianza. Concluyéndose que el prototipo de horno permite la cocción de productos de panificación como el pan de molde en 1,05 horas a una temperatura de 115°C. En la cámara de cocción la temperatura lograda fue de 176°C temperatura suficiente para la cocción de productos.

I. TRODUCCION

Actualmente la industria panificadora en Puno es una de las de mayor proyección, debido a que es un producto de consumo masivo que no debe faltar en la mesa, y en su elaboración es importante tener en consideración las condiciones del mercado que son cada vez más exigentes por lo que se debe mejorar la calidad de los productos como alternativa para ser más competitivas.

El procesamiento de alimentos especialmente en el rubro de la panadería, es muy laborioso y delicado ya que cada producto tiene una temperatura de cocción que le atribuye características *sui géneris*, esta temperatura es alcanzada en un recinto cerrado llamado horno y al termino de su construcción debe ser evaluado para determinar sus parámetros de operación que permitirán obtener productos de calidad acordes a exigencias del consumidor.

Asimismo cabe indicar que la quinua (*Chenopodium quinua* Willd); era un producto sembrado por nuestros antepasados y con el paso del tiempo y la llegada de las nuevas generaciones fue reemplazado por el trigo y el arroz, con ello su crianza y cultivo fue desplazado, por lo que ahora su consumo es reducido a pesar de las bondades nutricionales y medicinales que presenta este pseudo cereal.

La propuesta de elaborar un pan molde con la sustitución parcial de harina de trigo por quinua, es para obtener un pan apetecible y esto amerita conocer las condiciones de su procesamiento tales como la temperatura de cocción alcanzada en el horno y el uso adecuado de la quinua que le atribuya características de mercado al pan molde debido a que al ser considerado la quinua como un pseudo cereal su calidad de harina no se asemeja a la del trigo en sus propiedades panificables pero su utilización permite obtener un alimento que brinde mayores aportes nutricionales y por ello se planteó los siguientes objetivos:

- Determinar las características del prototipo de Horno
- Determinar el tiempo de cocción del pan de molde y Construir las curvas de calentamiento que se manifiestan en la cocción del pan de molde con sustitución parcial de harina de quinua por harina de trigo.
- Determinar las diferencias sensoriales en el pan de molde con sustitución parcial de harina de quinua por harina de trigo.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Construcción

El objetivo de la construcción de equipos consiste en generar un artefacto que satisfaga una necesidad, las cuales deberán establecer las condiciones de operación del mismo, ya que estos garantizaran el funcionamiento del equipo de acuerdo con los objetivos preestablecidos. (Bieniawsky, 1992).

La construcción del equipo (horno) requiere establecer un compromiso en cuanto a precisión y facilidad de cálculo. Cumplir con estas dos premisas depende de las necesidades a satisfacer por el equipo, su vida útil, su confianza. En última instancia es una decisión que el ingeniero toma con base en su experiencia y en la información heurística.

Según el Instituto de Energía y Termodinámica, (2007) un horno es un dispositivo en el que se libera calor y se transmite directa o indirectamente a una masa sólida o fluida con el fin de producir en ella una transformación física o química en un producto.

Las partes constitutivas de un horno son:

- Elemento generador
- Sistema de alimentación de material
- Cámara principal
- Aislantes térmicos
- Sistemas de medición y control
- Redes de suministros de combustible
- Sistema de evacuación de gases(hornos con combustión)
- Recubrimiento externo

2.1.1. Aspectos relacionados para la construcción de hornos

El calentamiento y el enfriamiento en la industria de los alimentos son los procesos más habituales, en estas unidades tiene lugar la transferencia de calor entre un producto y un agente calefactor o refrigerante, el calentamiento y el enfriamiento de productos alimentarios son necesarios para prevenir la degradación microbiana enzimático, además de que los alimentos pueden adquirir características organolépticas deseadas (Singh y Heldman, 1998):

Según Incropera (1999), menciona que la transferencia de calor es la energía en tránsito

debido a una diferencia de temperaturas en un medio estacionario que puede ser un sólido o un fluido los fenómenos físicos de transferencia de calor más conocidos son:

2.1.2. Transferencia de calor en los Materiales

Transferencia de calor por conducción.- En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción. Si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción. No se comprende en su totalidad el mecanismo exacto de la conducción de calor en los sólidos, pero se cree que se debe, en parte, al movimiento de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura. Esta teoría explica por qué los buenos conductores eléctricos también tienden a ser buenos conductores del calor. En 1822, el matemático francés Joseph Fourier dio una expresión matemática precisa que hoy se conoce como ley de Fourier de la conducción del calor. Esta ley afirma que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo.

Cuando un sistema trabaja en estado estable, entonces la transferencia de calor por conducción se expresa de la siguiente manera

$$Q = \frac{K * A * \Delta T}{L}$$

Donde: Q= flujo de calor (J/s)

k= conductividad térmica, (J/(s)(m²)(K/m))

A = area de flujo de calor, m²

L= grosor de la pared, m

t= temperatura, K

Transferencia de calor por convección.- Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. El movimiento del fluido puede ser natural o forzado. Si se calienta un líquido o un gas, su densidad (masa por unidad de volumen) suele disminuir.

Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende.

Este tipo de movimiento, debido exclusivamente a la no uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural. La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos. (Geankoplis, 1998).

Para describir la transferencia de calor (Q) por convección natural se tiene la siguiente expresión:

$$Q = h_i x A_i x \Delta T_i$$

Donde:

h_i = coeficiente de película. J/(s)(m²)(K)

A_i = área interna de transferencia. m²

T_i = temperatura de la parte interna de la pared. m²

La transferencia de calor por radiación.- La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío. La radiación es un término que se aplica genéricamente a toda clase de fenómenos relacionados con ondas electromagnéticas. Algunos fenómenos de la radiación pueden describirse mediante la teoría de ondas, pero la única explicación general satisfactoria de la radiación electromagnética es la teoría cuántica. En 1905, Albert Einstein sugirió que la radiación presenta a veces un comportamiento cuantizado: en el efecto fotoeléctrico, la radiación se comporta como minúsculos proyectiles llamados fotones y no como ondas. La naturaleza cuántica de la energía radiante se había postulado antes de la aparición del artículo de Einstein, y en 1900 el físico alemán Max Planck empleó la teoría cuántica y el formalismo matemático de la mecánica estadística para derivar una ley fundamental de la radiación. La expresión matemática de esta ley, llamada distribución de Planck ($dN_v \propto (8\pi\nu^2 dv/c^3) \{ \exp(h\nu/kT) - 1 \}^{-1}$), relaciona la intensidad de la energía radiante que emite un cuerpo en una longitud de onda determinada con la temperatura del cuerpo. Para cada temperatura y cada longitud de onda existe un máximo de energía radiante. Sólo un cuerpo ideal (cuerpo negro) emite radiación ajustándose exactamente a la ley de Planck. Los cuerpos reales emiten con una intensidad algo menor. Golato *et al.*, (2005).

La contribución de todas las longitudes de onda a la energía radiante emitida se denomina poder emisor del cuerpo, y corresponde a la cantidad de energía emitida por unidad de superficie del cuerpo y por unidad de tiempo. Como puede demostrarse a partir de la ley de

Planck, el poder emisor de una superficie es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta. El factor de proporcionalidad se denomina constante de Stefan-Boltzmann ($Z = 5.669 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}^4$) en honor a dos físicos austriacos, Joseph Stefan y Ludwig Boltzmann que, en 1879 y 1884 respectivamente, descubrieron esta proporcionalidad entre el poder emisor y la temperatura. Según la ley de Planck, todas las sustancias emiten energía radiante sólo por tener una temperatura superior al cero absoluto. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la cantidad de energía emitida. Además de emitir radiación, todas las sustancias son capaces de absorberla. Por eso, aunque un cubito de hielo emite energía radiante de forma continua, se funde si se ilumina con una lámpara incandescente porque absorbe una cantidad de calor mayor de la que emite. (Holman, 1997)

2.1.3. Acero inoxidable.

Los aceros inoxidables se clasifican en cinco grupos básicos atendiendo a su estructura metalúrgica y a su composición química llamados martensíticos, ferríticos, austeníticos, austenítico/ferríticos (duplex) y de endurecimiento por precipitación. Las cuales varían en función de su contenido en cromo y níquel. Cada uno de los grupos presenta unas características propias, sobre todo en cuanto a capacidad resistente, resistencia a la corrosión y facilidad de fabricación (Euroinox, 1994).

Los diferentes tipos de acero se agrupan en cinco clases principales: aceros al carbono, aceros aleados, aceros de baja aleación ultraresistentes, aceros inoxidables y aceros de herramientas. Más del 90 % de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1.65% de manganeso, el 0.60% de silicio y el 0.60% cobre.

Los tipos más usados son los aceros inoxidables austeníticos, denominados según la norma americana, AISI 304, 304L, 316, 316L y Duplex 2205 y según Eurocódigo S220, S240 y S480 respectivamente. Los aceros 316 tienen molibdeno y un mayor contenido de cromo que los aceros 304, cosa que los hace más resistentes a la corrosión. La designación L indica un bajo contenido en carbono y por tanto una mejor soldabilidad (Euroinox, 1994).

2.1.4. Conductividad térmica de los materiales de aislamientos.

Los valores de la conductividad térmica están ampliamente tabulados pero dichos datos han de considerarse con las reservas lógicas dado que se ha obtenido por métodos experimentales y existen una amplia dispersión de características físicas entre materiales

semejantes. Incluso para idéntico material se pueden medir diferentes conductividades en función de su humedad, de la temperatura de ensayo y de la dirección del flujo de calor (Materiales anisótropos como la madera). La conductividad térmica es la propiedad mas importante en los materiales aislantes ya que revela su capacidad de transmisión de calor y por lo tanto determina los costos energéticos de muchos procesos. Diversos autores han estudiado la conductividad térmica de materiales aislantes en función de la temperatura y otras características del material. Los materiales aislantes se suelen clasificar de acuerdo al rango de temperatura en el cual se emplean. En el rango de temperaturas intermedias (323K a 800K) donde se incluye la mayoría de los procesos químicos y petroquímicos prevalecen las condiciones típicas del vapor este rango es el mas importante de procesos químicos (Crowley, 1989)

2.2. Pan de Molde

El Pan es un alimento básico que se elabora cociendo una mezcla de harina o grano molido, agua o leche, y varios ingredientes más. La harina puede ser de trigo, quinoa, centeno, cebada, maíz, arroz, y soja. Dependiendo de los ingredientes utilizados, el pan puede ser con levadura o ácimo. El primero se hace combinando un agente que produce la fermentación y subida del pan, en general levadura, con el resto de los ingredientes, normalmente azúcar, sal y grasa, además de la harina y el líquido. La levadura actúa en el proceso de fermentación, generando diminutas burbujas de un gas, dióxido de carbono, en la mezcla o masa, incrementando su volumen y haciéndola ligera y porosa (Quaglia, 1991).

2.2.1. Definición del pan molde.

Pan de molde es aquel producto que tiene una ligera corteza blanda y que para su cocción ha sido introducido en molde Técnicamente, el pan molde integral es aquél en el que se utilizan los cereales de grano o harina sin cernir al momento de su elaboración, los cereales integrales contendrían todas las partes del grano ricas en nutrientes fotoquímicos con reconocidos beneficios para la salud, como la fibra dietética, antioxidantes, Según la Norma de pan de molde: pan blanco, pan integral y sus productos tostados (ITINTEC 2004), presenta la composición nutricional presentada en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición nutricional del pan de molde por rebanada

Información Nutricional	Cantidad
Contenido calórico	65 Cal
Proteínas	1.5 g
Carbohidratos	10.6 g
Grasas	1.20 g
Fibra	0.3 g
Colesterol	0 g
Calcio	3.1 mg
Fósforo	17.9 mg
Hierro	0.2 mg
Tiamina	0.02 mg
Rivoflavina	0.01 mg
Niacina	0.2 mg

7

Fuente. INDECOPI (NTP 2004).

El pan destinado al corte tiene que ser de buena calidad y tener cualidades como:

- Miga blanca y resistente.
- Estructura uniforme, fina y blanda.
- Corteza suave
- Conservación prolongada.

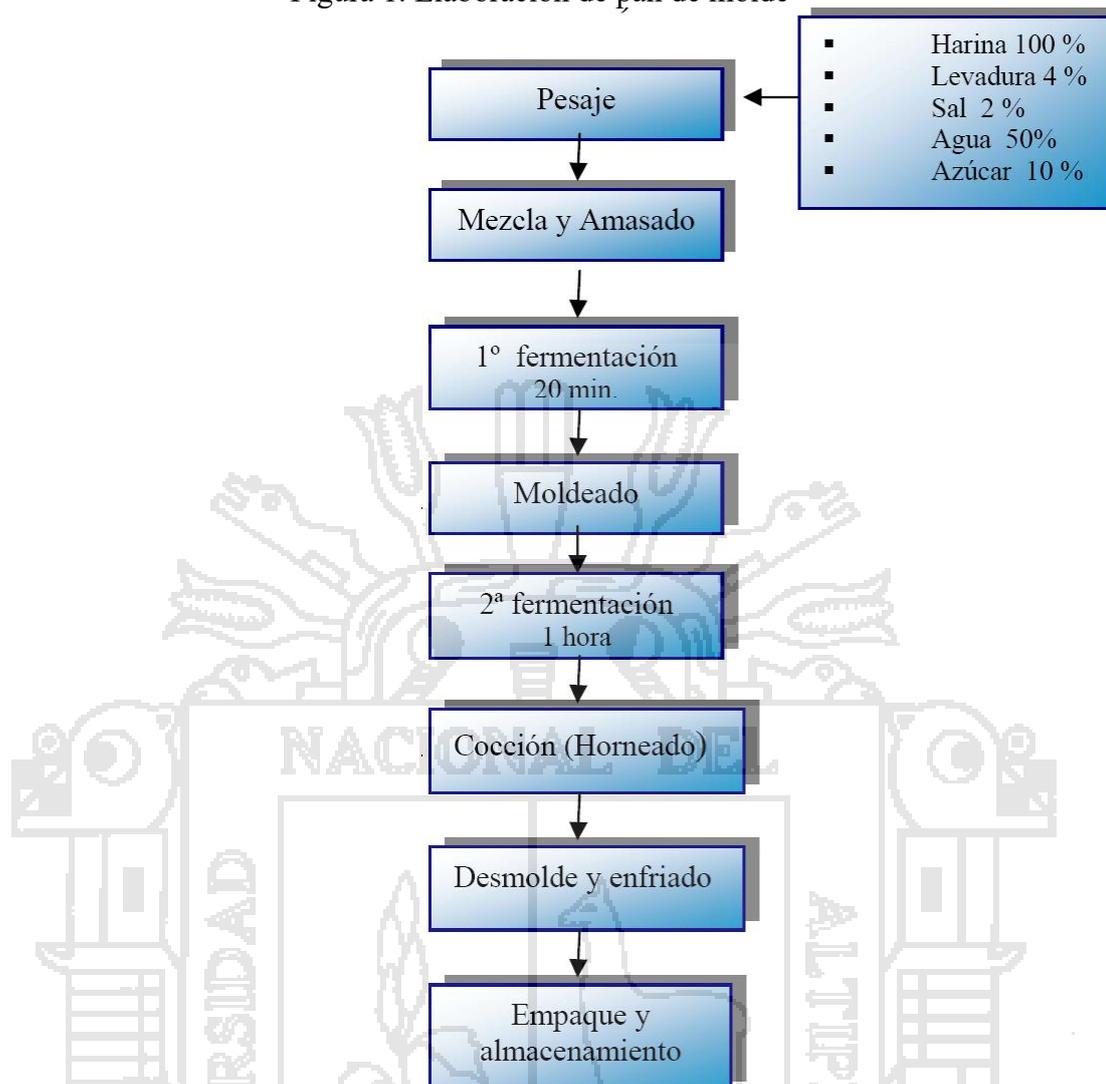
Además debe ser capaz de resistir el corte de las cuchillas sin tendencia a desmoronarse.

2.2.2. Proceso de panificación del pan.

Los pasos fundamentales para el proceso de panificación son los siguientes:(Ver Figura 1)

8

Figura 1. Elaboración de pan de molde



Fuente: (SENA.1985) Manual sobre el Proceso de panificación.

Según el (SENA.1985), las operaciones del proceso de pan molde que se siguen son:

PESAJE Y MEDICIÓN: se hace de acuerdo con las cantidades establecidas en la formulación para cada producto, este pesaje se debe realizar lo más preciso posible de lo contrario los productos saldrán con muchos defectos.

MEZCLA Y AMASADO: los objetivos de este paso son la distribución homogénea de los ingredientes y un adecuado desarrollo del gluten. Los métodos más empleados son el directo en el cual todos los ingredientes se mezclan al mismo tiempo y el de esponja en el cual inicialmente solo se mezclan la mitad de los ingredientes, completándose la mezcla después de la fermentación.

FERMENTACIÓN: la masa se coloca en un cuarto con temperatura y humedad controlada, en estas condiciones los almidones de la harina se transforman en azúcares y estos en alcohol y gas carbónico el cual hace que el volumen del pan se aumente. El proceso de fermentación es de tres tipos:

- La fermentación en masa o punteado que comprende desde el amasado hasta las primeras etapas del corte.
- La fermentación intermedia que abarca desde las últimas partes del corte hasta el moldeo
- La denominada fermentación final en la cual se da el máximo desprendimiento de CO_2

DIVISIÓN O CORTE: Luego de la fermentación se divide la masa en tantas porciones como panes se vayan a fabricar. Para ello se emplea una máquina cortadora divisora, para obtener un peso similar en cada pan se debe tener en cuenta la pérdida de peso de la masa por deshidratación.

Cuando la masa total no sufre una "pre fermentación", simplemente se forman los panes con el tamaño deseado y pasamos los panes al cuarto de fermentación.

BOLEO O REDONDEO: con cada porción de masa se hace una bola compacta. Este paso es generalmente manual y se realiza presionando la masa con la palma de la mano en forma circular. Esto se hace con el fin de que los trozos de masa reposen antes de ser formados por un tiempo de 10 a 20 minutos.

MOLDEADO: cada bola de masa se extiende con un rodillo y se procede a dar la forma que corresponda al tipo de pan que se está elaborando.

LEUDACION (FERMENTACION FINAL) los panes moldeados se colocan nuevamente en el cuarto de fermentación donde crecen aproximadamente el doble de su tamaño a una temperatura de 30-35°C y una humedad entre 80-85%.

HORNEADO: finalmente los panes se colocan en el horno a una temperatura acorde con el tamaño y el tipo de pan. Esta etapa sucede en dos fases:

- Cuando el producto adquiere una temperatura interna de 45-50°C la producción



de gas se inactiva por la muerte de la levadura y da el volumen final del pan y la miga se expande por la acción del gas; cuando el producto tiene una temperatura interna entre 60- 70°C hay coagulación de proteína y gelatinización de los almidones, el producto pierde su plasticidad y adquiere la forma definitiva del pan.

- En la segunda etapa ocurre el secado que forma la corteza y el cocimiento del pan.

ENFRIAMIENTO Y ALMACENAMIENTO: debe efectuarse a temperatura ambiente no todos los tipos de pan se empaacan pero cuando se hace no se deben empaacar panes aun calientes (27-30°C) y no empaacar en polietilenos que contengan polímeros tóxicos. (SENA, 1985). Manual sobre el Proceso de panificación.

En la tabla 2 se presentan los defectos en el pan de molde , y sus causas probables, el que se muestra a continuación..

TABLA 2. Defectos del pan

TIPO DE DEFECTO	CAUSAS PROBABLES
<p>1. DEFORMACION a) AFLOJAMIENTO parcial o total del pan</p> <p>b) LACERACIÓN separación de la corteza y la miga</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Enfriamiento del pan inadecuado. • Corteza muy dura o consistente. • Corteza muy ligera debida a la escasa cocción o la humedad excesiva del refrigerado. • Mecanismo de alimentación mal Regulado. • Hoja de corte torpe o no precisa. • Miga poco consistente debido a excesiva elaboración o a la propiedad inadecuada de los ingredientes. • Posición hoja de cabeza demasiada alto
<p>2. DEFECTOS EN LA SUPERFICIE DEL CORTE</p> <p>a) ROCE Superficie áspera con desmigajamiento en los casos más graves.</p> <p>b) APELOTA MIENTO Bolitas de miga formadas entre las rebanadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de corte embotada o con dientes malos • Calidad básica del pan • Hoja de corte mala por ejemplo con dientes muy profundos. • Enfriamiento inadecuado • Propiedad de los ingredientes • Corteza fiabile a causa del aire seco del refrigerador

3. ROTURAS DE LA CORTEZA	<ul style="list-style-type: none"> • Corteza coriácea a causa del aire seco
4. REGADO DE LAS REBANADAS ENTRE SI SOLO LA CORTEZA CORTEZA Y MIGA	<ul style="list-style-type: none"> • Características de los ingredientes (exceso de amilosas) • Enfriamiento o cocción inadecuada
5. DEBIDOS A LA MAQUINARIA a) CORTE DIFÍCIL O LENTO b) EMPASTA MIENTO DE LA HOJA Adhesión de material sobre la hoja c) CORTE IRREGULAR Superficie ondulada	<ul style="list-style-type: none"> • Corteza dura o coriácea • Hoja de corte embotada o inadecuada • Enfriamiento inadecuado • Recalentamiento de la hoja debido a la mala regulación de la guía o de la tensión. • Hoja oscilante porque la guía esta demasiada floja, la tensión muy baja o por defectos de construcción

Fuente: (QUAGLIA Giovanni, 1991)

2.2.3. Calificación del pan.

De acuerdo a los parámetros de (Silva y Jack 1986). En su artículo Calificación del pan, presenta la siguiente puntuación como se muestra en la tabla 03:

Tabla N° 03. Parámetros de calificación sensorial del pan

	Puntuación
1.—Volumen	10
2.—Color de la corteza	8
3.—Simetría de la forma	6
4.—Uniformidad del color	3
5.—Características de la corteza	3
6.—Grano de la miga	10
7.—Color de la miga	17
8.—Olor	15
9.—Sabor	20
10.—Textura de la miga	18
Total	100

2.3. Quinua

La quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) es un nutritivo pseudo cereal que se cultivó en forma tradicional en el área andina desde la época incáica. Fue ampliamente usada en la alimentación de los pueblos antiguos de Sudamérica como uno de los alimentos básicos. El cultivo de la quinua en el altiplano disminuyó después de la conquista española, cediendo

el paso a cereales introducidos como el trigo y la cebada. En la actualidad la quinua se cultiva en Argentina, Chile, Colombia y Ecuador a nivel de pequeño agricultor y para autoconsumo. En Bolivia y Perú el cultivo está difundido en zonas marginales donde no hay otras alternativas agrícolas (Wahli, 1990).

Se distribuye en todo el cordón andino, en una extensión aproximada de 12.000 kilómetros desde Venezuela hasta Chile, desde la latitud norte 6° hasta la latitud sur 47°. Esta diversidad geográfica ha alentado una gran dispersión genética, que se traduce en la existencia de unas 3.000 variedades conservadas en los “bancos de germoplasma” naturales existentes en la Cordillera de los Andes.

Es considerada por la FAO y la OMS como un alimento único por su altísimo valor nutricional. Como un alimento libre de gluten puede consumirla la gran parte de la población, incluyendo las personas celíacas (alérgicas al gluten). La quinua mantiene sus cualidades nutritivas incluso en procesos industriales, y es capaz de sustituir notablemente a las proteínas de origen animal (CCBOL 2006).

2.3.1. Composición química.

La semilla de quinua tiene un alto valor nutritivo, tanto por su composición química, como por la cantidad y calidad de sus proteínas, que fluctúa entre un 12 y 22 %. Es así como, la calidad de las proteínas de quinua es considerada tan buena o mejor que la caseína, esto, debido al buen balance de los aminoácidos esenciales, sobresaliendo el triptófano, la cisteína y la metionina. Sin embargo, la mayor importancia radica en su alto contenido de lisina, un aminoácido deficitario en la mayoría de los vegetales, especialmente en el trigo (Albarran, 1993). Por otro lado, la semilla de quinua presenta un alto contenido de vitaminas del complejo B, C y E. Pero también, es importante su composición de sales minerales tales como: hierro, fósforo, potasio y calcio. Este último se encuentra en la misma concentración que en la leche descremada, mientras que el fósforo es cuatro veces más concentrado que el de ésta (Albarran, 1993).

Como se muestra en la Tabla 4 y 5 la harina de quinua tiene un alto contenido de proteínas con un buen balance de aminoácidos como se muestra en la Tabla 5 en donde se puede ver que tiene 16 aminoácidos de los cuales 9 son aminoácidos esenciales (Araneda, 2004). La harina de quinua contiene 11,2 % de humedad, 13,5 % de proteínas, 9,5 % de fibra, 58,3 % de carbohidratos y 1,2 % de minerales (Ogunbenle, 2003).

Tabla 4: Análisis proximal harina de quinua

Composición	%
Grasa	5,2 ± 0,09
Humedad	11,7 ± 0,06
Cenizas	1,4 ± 0,03
Proteínas	14,7 ± 0,5
Carbohidratos totales	64,2

Fuente: (Araneda, 2004).

Tabla 5: Contenido de aminoácidos en la harina de quinua.

Aminoácidos	% (mg/g de proteína)
Ac. Aspártico	1,3
Ac. Glutámico	3
Serina	0,7
Histidina*	0,4
Glicina	1,2
Treonina*	0,8
Arginina*	1,6
Alanita	0,7
Tirosina	0,6
Valina*	0,9
Metionina*	0,4
Cistina	0,1
Isoleucina*	0,8
Leucina*	1,2
Fenilalanina*	0,8
Lisina*	1

Fuente: Araneda, 2004.

* Aminoácidos Esenciales

Según la FAO, La Quinua posee cualidades superiores a los cereales y gramíneas. Se caracteriza más que por la cantidad, por la calidad de sus proteínas, además la QUINUA posee mayor contenido de minerales que los cereales y gramíneas, tales como FÓSFORO, POTASIO, MAGNESIO, Y CALCIO entre otros minerales, ver Tabla 6.

Tabla 6. Valor nutricional de la quinua comparado con otros cereales.

	Quinua	Trigo	Arroz	Maíz
Valor energético kcal/100g	350,00	305,00	353,00	338,00
Proteínas g/100g	13,81	11,50	7,40	9,20
Grasa g/100 g	5,01	2,00	2,20	3,80
Hidratos de Carbono g/100g	59,74	59,40	74,60	65,20
Agua g/100g	12,65	13,20	13,10	12,50
Ca mg/100g	66,60	43,70	23,00	150,00
P mg/100g	408,30	406,00	325,00	256,00
Mg mg/100g	204,20	147,00	157,00	120,00
K mg/100g	1040,00	502,00	150,00	330,00
Fe mg/100g	10,90	3,30	2,60	-
Mn mg/100g	2,21	3,40	1,10	0,48
Zn mg/100g	7,47	4,10	-	2,50

Fuente: www.fao.org Composición química y valor nutricional del grano de quinua y derivados. (Accesado el 3 de Marzo de 2006)

Es una de las principales fuentes de proteína, comparado parcialmente con porcentajes proteicos de alimentos de origen animal como se puede apreciar en la tabla 7.

Tabla 7. Comparativo de los componentes de la quinua con otros grandes alimentos por cada 100 g

Componentes	Proteínas %	Grasas %	Carbohidratos %	Hierro %	kcal 100 g
quinua	13.00	6.10	71.00	5.20	370.00
carne	30.00	50.00	-	2.20	431.00
huevo	14.00	3.20	-	3.20	200.00
queso	18.00	-	-	-	24.00
leche vacuno	3.50	3.50	-	2.50	66.00
leche humana	1.80	3.50	-	-	80.00

Fuente: www.prodiversitas.bioetica.org (Accesado el 3 de Marzo de 2006)

2.3.2. Usos de la Quinua

Se consume como el arroz, en grano; sus hojas tiernas se comen guisadas como las acelgas y espinacas; su tallo y hojas verdes se aprovechan como ensalada; se hacían además sopas o mazamorras; con su harina se elaboran panecillos y galletas. Igualmente se pueden utilizar sus raíces. (CCBOL 2006). La harina de quinua es utilizada para enriquecer harinas de panificación en la elaboración de: galletas, barritas, tartas, batidos, pasteles, spaghettis,

aportando un alto valor nutritivo. Se utiliza igualmente en la elaboración de alimentos rebozados, enriqueciéndolos, conservando su humedad y aportando un sabor muy agradable así como una textura fina y especial. Así se consigue elaborar alimentos altamente energéticos, muy agradables, 100 % naturales sin colesterol y libres de gluten. Pastas de quinua: un buen alimento sano y nutritivo estas pastas están hechas con una mezcla de sémola de trigo candeal y sémola de Quinua Real Orgánica y con resultados extraordinarios, obteniendo textura y gusto muy delicado. Harina de quinua: Para repostería, incrementa el valor nutritivo de cualquier alimento; en pastas, panes, galletas. Además es una de las pocas harinas para celíacos que tiene un gran valor nutritivo. Harina tostada de quinua: Quinua cocida finamente molida, para mezclar con agua fría y azúcar para refrescos o con agua hervida, leche y azúcar; también para acompañar una rica Sandía. Hojuelas de quinua: Quinua procesada tipo avena, para sopas, en el desayuno con leche, para postres se puede cocer con frutas. (CCBOL 2006).

2.4. El Trigo y Panificación con harina de trigo.

El trigo es la planta más cultivada en toda la Tierra y al parecer una de las primeras que el hombre comenzó a cultivar. Del trigo obtenemos la harina de trigo y de ésta el pan, alimento de primer orden para toda la humanidad. La harina debe ser: suave al tacto, de color natural, sin sabores extraños a rancio, moho, amargo o dulce. Debe presentar una apariencia uniforme sin puntos negros, libre de insectos vivos o muertos, cuerpos extraños y olores anormales. (Quaglia, 1991). Su composición química es: Glúcidos 74-76%, Prótidos. 9-11%, Lípidos 1-2%, Agua. 13-16% y Minerales 1-2%.

Los Glúcidos o Almidón es el componente principal de la harina. Es un polisacárido de glucosa, insoluble en agua fría, pero aumentando la temperatura experimenta un ligero hinchamiento de sus granos. El almidón está constituido por dos tipos de cadena: Amilosa: polímero de cadena lineal y la Amilopectina polímero de cadena ramificada; Junto con el almidón, vamos a encontrar unas enzimas que van a degradar un 10% del almidón hasta azúcares simples, son la alfa y la beta amilasa, estas enzimas van a degradar el almidón hasta dextrina, maltosa y glucosa que servirá de alimento a las levaduras durante la fermentación. (Quaglia, 1991).

Los Prótidos o Gluten es la proteínas del trigo varía mucho según el tipo de trigo, la época de recolección y la tasa de extracción; El gluten es un complejo de proteínas insolubles en

agua, que le confiere a la harina de trigo la cualidad de ser panificable. Está formado por: Glutenina, proteína encargada de la tenacidad de la masa, y la Gliadina, proteína responsable de la elasticidad y extensibilidad de la masa; La calidad del gluten presente en una harina es lo que determina que la harina sea "fuerte" o "floja"; La harina fuerte es rica en gluten, tiene la capacidad de retener mucha agua, dando masas consistentes y elásticas, panes de buen aspecto, textura y volumen satisfactorios; La harina floja es pobre en gluten, absorbe poca agua, forma masas flojas y con tendencia a fluir durante la fermentación, dando panes bajos y de textura deficiente. No son aptas para fabricar pan pero si galletas u otros productos de repostería. (Quaglia, 1991)

En la panificación el pan es un producto que se elabora a partir de harina, agua, sal, levadura y aditivos. A medida que el proceso de panificación ha evolucionado se han agregado ingredientes funcionales para mejorar el proceso de control y la calidad del mismo. La ausencia de muchos aditivos en la panificación, hace que no dé el mismo resultado preparar un pan en casa, que en la industria alimentaria. (Badui, 1999)

2.4.1. Ingredientes y procesos

Los ingredientes para mejorar la calidad del producto, incluyen harina, gluten, malta, grasas (resaltan sabor y evitan dureza), emulgentes (modifican textura), vitaminas, dextrinas, soya y enzimas. Estos deben de ser fáciles de utilizar, estar preparados y mezclados para cada tipo de pan y proceso de producción. (Egli, 2003).

A continuación en la Tabla 8 se presenta un cuadro donde se muestra la composición de harinas utilizadas en la panificación.

Tabla 8: Composición de harinas de panificación

Componente	Porcentaje (100%)
Almidón	69
Proteína de gluten	11
Proteína soluble	1
Grasa	1
Azúcares	2.5

Sales minerales	0.5
Humedad	15

Fuente: (Prera, 2000).

Los efectos en el pan incluyen el aumento y la estabilización de la estructura esponjosa, reduciendo la dureza y aumentando la vida de anaquel. Se desea perfeccionar el color y aroma. Los efectos del proceso de producción incluyen la mejora del sistema de control, adaptando la variedad de la harina, controlando la humedad de la masa, perfeccionando la manipulación y mejorando la tolerancia en la preparación (Eskin 1990).

La capacidad de producción de gas es uno de los parámetros importantes a controlar en las harinas. Estos dependen de los azúcares libres presentes en la harina, que son atacados por la levadura al comienzo de la fermentación de la masa y luego son agotados. La continuidad de la fermentación viene asegurada por la obtención de azúcares fermentables a partir del almidón de la harina (Eskin 1990).

Al ingresar la masa en el horno, las enzimas se desactivan y se produce una aceleración violenta de las diferentes reacciones implicadas en la fermentación, aumentando la producción de gas, dilatándose y evaporándose el alcohol y agua. Se gelatiniza el almidón, por lo que se vuelve mucho más sensible al ataque enzimático. Las dextrinas no consumidas, van a darle características jugosas a la miga de pan y a determinar la coloración de la corteza (Desrosier 1994).

Para tener un pan de buena calidad, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: una buena harina, un amasado durante el cual se evitará toda oxidación excesiva y además perjudicial, una primera fermentación adecuada, una cuidadosa división y formato de las piezas, una segunda fermentación con un buen nivel medio y una cocción conveniente con una coloración adecuada (Reyes, *et. al.*, 2002).

El concepto de frescura del pan depende del tipo de producto considerado, lo cual difiere de un país a otro. Para otros, frescura significa mantener la corteza crujiente, por ejemplo en España o en Francia el pan baguette. Para otros, como en Inglaterra o Alemania los panecillos tipo hamburguesa se aprecian por la flexibilidad y elasticidad de la corteza y de la miga (Kadan 2003).

Para los parámetros de frescura, el tiempo actúa en su contra desde la salida del horno, ya que la pérdida parcial de flexibilidad se asocia a un fenómeno llamado retrogradación del almidón (Kadan 2003).

Se puede elaborar harina a partir de otros cereales y leguminosas, pero la composición específica del tipo de proteína del trigo es responsable de la estructura del pan. Estas harinas se utilizan generalmente conjunto con harina de trigo, debido a que esta es apta para la formación del gluten. Entre los tipos de harinas se pueden mencionar integrales, de centeno, de soya, de avena, de arroz y de maíz. (Prera 2000). Actualmente con la tecnología tan avanzada, se elaboran almidones modificados, de manera que ayuden a la mezcla para la elaboración del pan, darle características que le brinda el gluten en el trigo, y que así sea apto para el consumo de personas con esprúe celiaco (Di Cagno 2004).

Para elaborar productos de panificación sin harina de trigo, se deben tomar en cuenta varios factores. De primero es necesario establecer el producto que se desea, el proceso elegido para su manufactura, la calidad del trigo, el tipo y la calidad de la harina que sustituirá a la de trigo, el uso de aditivos especiales y la aceptabilidad del producto por la población a la que está dirigido (Reyes, *et. al.*, 2002).

Entre los productos de trigo, los panes fermentados son los más afectados por las mencionadas sustituciones. Las masas elaboradas con harinas compuestas reducen la cohesividad y la propiedad de retener el bióxido de carbono, producido en la masa, dando como resultado productos menos apetecibles, panes muy densos y pesados. La miga de estos productos pierde cohesividad y tienden a ser quebradizos. La gomosidad durante la masticación suele ser otro problema. Además existen cambios de sabor y de coloración lo cual puede ser rechazado por los consumidores y pueden ser reducidos con el uso de aditivos como antioxidantes (ácido ascórbico), surfactantes o grasas; y mediante la modificación en las técnicas de producción de las masas, como adicionar agua en las formulaciones debido al incremento de la absorción de agua, o la variación de los niveles de levadura reduciendo o aumentando los tiempos de amasado y fermentación. En la Tabla 9 se observan los niveles en que se puede sustituir la harina de trigo, aunque poseen sus propias limitaciones en cuanto a color, sabor, palatabilidad, procesamiento y manejo de la masa (Reyes, *et. al.*, 2002).

Tabla 9. Niveles en que se puede sustituir la harina de trigo

Tipo de harina	Rango de sustitución (%)
Almidones modificados	20 – 40
Arroz	10 – 30
Raíces	5 – 20
De alto valor proteico	3 – 15

Fuente. Morales (1994)



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se desarrollo en las instalaciones de la planta de procesos agroindustriales “PROALIN SCRL”. Planta con registro y habilitación sanitaria, en el cual se realizo la obtención de la harina de quinua flor, Planta panificadora de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno donde se elaboro los diferentes porcentajes de sustitución para la obtención del pan de molde y laboratorios de la escuela profesional de Ing. Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias donde se hicieron las pruebas de textura, gelatinización y evaluación sensorial del producto, como también se hizo la evaluación del prototipo de horno .

3.2. Materia Prima

Se emplearan las siguientes materias primas.

- Harina de trigo BLANCA NIEVE
- Harina de quinua BLANCA DE JULI
- Manteca FAMOSA
- Azúcar blanca POMALCA
- Mejorador de masa UNIPAN
- Levadura fresca MAC PAN
- Sal yodada MOLISUR
- Leche en polvo COLON

3.3. Materiales y Equipos

- Molde tradicional.
- Termocuplas tipo J
- Amasadora
- Rodillo
- Horno estacionario
- Molino de martillos marca FACOMET
- Cámara de fermentación marca NOVA
- Sistema de adquisición de datos NI-DAC 6008
- CPU Pentium IV Intel celeron

3.4. Métodos

3.4.1. Método para determinar las características de la construcción del prototipo de horno

Para hacer las descripciones de las características del prototipo de horno, se empleó cálculos y formulas para geometrías cilíndricas y cálculos de transferencia de calor para las determinaciones de balance térmico.

3.4.2. Método para determinar el tiempo de cocción del pan de molde y curvas de calentamiento.

Se consideró los valores presentados en la Tabla 10.

Tabla 10. Porcentajes de Sustitución de harina de trigo por quinua

QUINUA	TRIGO
16,67	83,33
50,00	50,00
10,00	90,00
35,71	64,29
2,39	97,61
45,43	54,57
41,83	58,17
23,39	76,61
30,00	70,00
30,00	70,00
30,00	70,00
30,00	70,00
30,00	70,00

Con las muestras obtenidas de la tabla 10 se evaluó los siguientes aspectos:

- Volumen, método descriptivo teniendo en cuenta las medidas y la forma del molde del pan.
- Peso, por pesada directa en balanza analítica teniendo en cuenta el tiempo de enfriado necesario para su embolsado.
- Textura del pan molde

Los panes resultantes de las formulaciones fueron evaluados en su textura, para ello se tomó pan molde cortado en tajada y se midió la textura en un penetrómetro, haciéndose lecturas en tres puntos diferentes, cuyos datos se sometieron a una evaluación estadística

- Temperatura de gelatinización, por lectura directa en el termómetro según la metodología descrita por Grace, (1977).
- Método para evaluar el perfil de temperatura y tiempo de cocción del pan molde, según la metodología descrita por Grace, (1977).

3.4.3. Método para evaluar las características sensoriales del pan molde

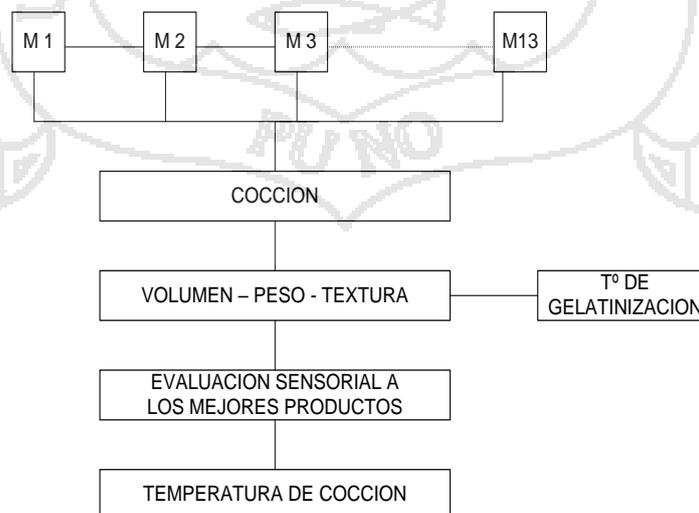
Los productos horneados fueron sometidos a evaluación por un panel semi entrenados compuesto por 20 panelistas, evaluándose el sabor y olor de los panes, bajo una escala hedónica de 5 puntos según la Tabla 11

Tabla 11. Escala hedónica para evaluar el sabor y olor del pan molde

OLOR		5
Olor intenso a quinua	5	
Olor a quinua	4	
No se percibe Olor a quinua ni a trigo	3	
Olor a trigo	2	
Olor intenso a trigo	1	
SABOR		5
Sabor intenso a quinua	5	
Sabor a quinua	4	
No se percibe sabor a quinua ni a trigo	3	
Sabor a trigo	2	
Sabor intenso a trigo	1	

3.5. Metodología

La secuencia de la metodología seguida para el estudio se presenta en la Figura N° 02.



3.5.1 Metodología de construcción del horno

Para la construcción del horno artesanal se hicieron cálculos, partiendo de la cantidad de masa a cocinar, para el cual se determinó la humedad de la masa y conocer la humedad que se tiene que retirar del producto dentro del recinto de cocción, el recinto de cocción fue determinado considerando para ello el tamaño de molde comercial para este tipo de pan y la base de soporte para variar la forma de cocción, teniendo estos datos, se procedió a dimensionar el largo ancho y alto, asimismo se determinó la cantidad de aislante a emplear para evitar pérdidas de calor, conocido el valor del espesor del aislante a emplear se recubrió en su parte interna con una plancha de fierro galvanizado y por la parte externa otra plancha galvanizada, pintándose en su integridad de color plomo; para facilitar y ver el momento de cocción del producto y obtener productos según gustos y preferencias, se tomó la decisión de poner una tapa de vidrio pirex la misma que soporta hasta una temperatura de 350°C, material que permite visualizar el proceso de cocción y manejo de la cocción y dorado del pan.

Para la cocción del producto al horno se le acondicionó un recinto para la alimentación y fusión de la leña u otro material que se emplee, asimismo un inyector de gas propano como fuente alterna.

El horno en su conjunto fueron montados en una estructura de fierro acondicionada de cuatro llantas para su traslado y fácil manipulación.

3.5.2. Metodología para determinar el tiempo de cocción del pan molde con sustitución de harina de trigo por harina de quinua y construir las curvas de calentamiento

3.5.2.1. Preparación del Pan Molde

La metodología que se siguió fue el siguiente.

Pesado

El pesado se realizó en una balanza de acuerdo al porcentaje presentado en la Tabla 10, adicionalmente se procedieron a pesar el azúcar, leche, sal, levadura.

Amasado

El amasado se realizó para mezclar los componentes secos con el agua y se hizo un primer amasado a velocidad 1 (mezclado lento), luego se adicionan la manteca, hasta obtener una masa elástica y firme todo ello a velocidad 2 permaneciendo la masa dentro de la batidora por un tiempo entre 10 -15 min.

Primer fermentado

La masa obtenida del amasado en la batidora semi automática se depositó en la cámara de fermentación por el lapso de 15 a 20 min. Para desarrollar la fuerza del gluten en la miga permaneciendo el producto a humedad de 48%.

Pesado y Moldeado

La masa fermentada se boleó y se le dio forma de un cilindro para colocarlo en forma horizontal dentro del molde, el peso de la masa depositada en el molde fue de 750 gr.

Segunda fermentación

Los moldes juntamente con la masa fueron sometidos a una segunda fermentación por un tiempo de una hora (cámara de fermentación), para desarrollar el volumen y adquirir la forma del molde de alucin.

Horneado

Los moldes con la masa fermentada fueron colocados al recinto del horno de bajo costo y sometidos a cocción por un tiempo de 45-60 minutos a una temperatura que oscila entre 160 – 200°C.

Enfriado

Los panes de molde horneados fueron enfriados por un tiempo de 24 horas

Rebanado/embolsado

Los panes de molde enfriados fueron medidos para determinar el volumen teniendo en cuenta las características del molde que se uso, asimismo fueron pesados en una balanza analítica de capacidad de 3 Kg. para determinar el peso del producto final, y fueron rebanados en una maquina rebanadora para obtener

las tajadas, y determinar la textura del pan molde y las muestras fueron envasadas en bolsas de polipropileno de 30 micras.

3.5.2.2. Temperatura de Gelatinización:

Para hacer la lectura de la temperatura de gelatinización en los diferentes niveles de sustitución las cuales se presentan en la Tabla N° 10, los cuales se prepararon teniendo en consideración la metodología descrita por Grace, (1977). El cual consiste en pesar 10gr. De la mezcla de la harina de quinua y la harina de trigo en los porcentajes diferentes de sustitución, al cual se le puso en un vaso de precipitado adición 50 ml, agua destilada agitándose por 2 minutos para homogenizar y diluir la mezcla de harinas con el agua, luego se enraza hasta 100 ml, al que se sometió a calentamiento en una cocinilla eléctrica, poniendo dentro del vaso de precipitado un termómetro de tipo K para hacer la lectura de temperatura hasta lograr una pasta, como también la ebullición de esta y la temperatura permanezca estable por unos segundos.

3.5.2.3. Método para evaluar el perfil de temperatura y tiempo de cocción del pan molde

El perfil de la temperatura de calentamiento se evaluó en la muestra que presento mejor aceptación sensorial. Para ello se formularon mezclas de harina de quinua flor con harina de trigo manteniendo constante los leudantes, grasa y azúcar; los materiales fueron pesados luego mezclados, amasados, fermentados, boleados, formados, y el producto obtenido se colocó en el molde en el que se dispuso las termocuplas tipo K, uno en el centro, otro en el extremo para registrar la temperatura de cocción del pan molde y una termocupla en el recinto del horno para el control de la temperatura alcanzada en la cámara del horno como también en la chimenea del horno para ver cuánto de temperatura sale del prototipo de horno.

3.6. Diseño experimental y Análisis de Datos

3.6.2. Metodología del Diseño experimental

Los niveles de sustitución fueron evaluados bajo un diseño central rotatable DCR², considerando a dos niveles tanto la harina de quinua y harina de trigo.



FACTORES EN ESTUDIO

Los factores en estudio fueron:

- Porcentaje de harina de trigo
 - Nivel mínimo 50% nivel máximo 90%
- Porcentaje de harina de quinua flor.
 - . Nivel mínimo 10% nivel máximo 50%

VARIABLES DE RESPUESTA:

- Volumen del pan de molde
- Peso del pan de molde
- Textura del pan de molde
- Características sensoriales (Olor y sabor)
- Temperatura de gelatinización de la mezcla de harina
- Temperatura de cocción del pan de molde

Tabla 12 Tratamientos para estudios de sustitución en las propiedades sensoriales del pan de molde.

Tratamientos	Valor real		Peso total de harina en la formula	Porcentaje panadero de harina de quinua por harina de trigo		Total porcentaje en formula
	quinua	trigo		quinua	trigo	
1	10	50	60	16.6666667	83.3333333	100
2	50	50	100	50	50	100
3	10	90	100	10	90	100
4	50	90	140	35.7142857	64.2857143	100
5	1.71573	70	71.71573	2.39240401	97.607596	100
6	58.2843	70	128.2843	45.4336969	54.5663031	100
7	30	41.7157	71.7157	41.8318444	58.1681556	100
8	30	98.2843	128.2843	23.3855585	76.6144415	100
9	30	70	100	30	70	100
10	30	70	100	30	70	100
11	30	70	100	30	70	100
12	30	70	100	30	70	100
13	30	70	100	30	70	100

3.6.3. Análisis de datos

Los resultados de los tratamientos determinados fueron evaluados, bajo un diseño central compuesto rotatable DCCR², en el caso de la Textura, Peso y Volumen del pan molde.

Los resultados del análisis sensorial de las mejores muestras fueron analizados bajo un diseño completamente aleatorio DCA, y se realizaron además pruebas de comparaciones múltiples de Duncan al 95% de probabilidades para ver si existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.



IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados de las características de construcción del prototipo de Horno

Dentro de características isométricas el recinto o cámara cocción del horno tiene una longitud interna del cilindro de 0,59 m, 0,43 m. de ancho; las dimensiones externas que presentan son, longitud 0,66 de largo, 0,65 m. de ancho 0,83 m. de alto y un diámetro de 45 cm. Presenta una base de 0,61 por 0,62 construido de perfiles angulares de fierro y pintado de plomo gris.

En su interior tiene un aislamiento de 10 cm. empleándose para ello fibra de vidrio roja ecológica cuyas características se presentan en el anexo 1. Presenta un recinto como depósito para cargar leña además de un sistema de quemador incluido para gas propano GL40 como se observa en las Figuras 3 y 4, el área interna determinada para el cilindro fue de $A = 0.5437\text{m}^2$



Fig N° 03: prototipo de Horno



Fig N° 04: vista de la cámara interna del prototipo de horno

4.1.1. Balance térmico del horno construido

Los resultados del balance térmico se presentan en el Anexo 2, y en las tablas 13 y 14 se presentan los resultados de mayor interés, determinándose que es necesario 17510,496 KJ/Kg de masa cocida, determinándose una salida de calor para el proceso de cocción de 62528,1423 KJ/Kg, esto nos indica que con el poco calor suministrado se genera abundante calor por efecto de la geometría que presenta el prototipo de horno de bajo costo lo cual indica que con un suministro menor de calor es posible la cocción del pan de molde ahorrando de esta forma combustible y reduciendo los costos de producción.

Tabla 13. Balance térmico de entradas de calor en el horno.

ENTRADAS DE CALOR	KJ/Kg - m.c.	%
Calor entregado por el Combustible	7,758	0,04430486
Calor entregado por la Combustión	17186,698	98,1508348
Calor sensible de la masa Cruda	25,5	0,14562694
Calculo de calor por convección a la entrada de la masa	290,54	1,65923341
TOTAL	17510,496	100

Tabla 14. Balance térmico de salidas de calor en el horno.

SALIDAS DE CALOR	KJ/Kg - m.c.	%
Calor sensible de la mezcla de harina cocida	378,624	0,60552575
Calor perdido por Conducción	4236,3683	6,77513859
Calor perdido por Convección	52365,15	83,7465309
Calor perdido por Radiación	5548,00	8,87280478
TOTAL	62528,1423	100

Este balance nos permite observar que hay una alta pérdida de calor en el horno, como vemos solo necesitamos 17510.496 KJ/Kg. - m.c. y tenemos una pérdida de calor no aprovechado de 62528.142 KJ/Kg. - m.c, esto debido muy posiblemente a que en la salida de aire caliente húmedo de la cámara de cocción existe movimiento constante de calor, que no permite en un primer momento acumular el calor dentro de la cámara, ya que de acumularse el ambiente llegaría a humidificarse lo cual no permitiría la adecuada cocción del pan molde y cualquier otro producto en el horno construido, es por ello que los procesos de cocción deben ser a temperatura constante como lo indica (Geankoplis,1998) y (Helman and Sing 1983).

4.2. Resultados de la cocción del pan molde con sustitución de harina de trigo por harina de quinua.

4.2.1. Evaluación del volumen desarrollado en el pan de molde

En el Anexo 3 se presentan los resultados del análisis de varianza para el incremento de volumen por efecto de los niveles de sustitución del pan molde, determinándose que existen diferencias estadísticas altamente significativas para la harina flor de quinua y harina de trigo, dándonos a entender que la sustitución de harina de quinua en la elaboración de pan molde influenciara en lograr volúmenes esperados, esto muy posiblemente es debido a que se requiere más poder de la levadura ya que esta actúa en el proceso de fermentación, generando diminutas burbujas de CO₂, en la mezcla o masa, incrementando su volumen y haciéndola ligera y porosa, y al no tener buena cantidad de gluten la harina de quinua no le confiere la cualidad de ser panificable, por ello el pan molde resulto afectado en el volumen. (Quaglia, 1991), ver fig N° 5



Fig N° 5: Desarrollo del volumen del pan de molde a diferentes tratamientos

En las pruebas de volumen se determinó un $R^2 = 96,4112$ lo que indica que los datos son confiables, determinándose un volumen como el adecuado de 0.03086 cm^3 a un nivel de sustitución de 22,7184% de quinua y 76,9026 % de trigo, asimismo el volumen máximo alcanzable fue de 0.3174 cm^3 a 1,71574% de quinua y 43,7539% de trigo en tanto se determino un mínimo de 0.0963 cm^3 a 58,2843% de quinua y 41,7157% de trigo; observándose en la Figura N° 6 que la harina flor de quinua influye significativamente sobre el incremento del volumen en el pan comparativamente a los niveles de harina de

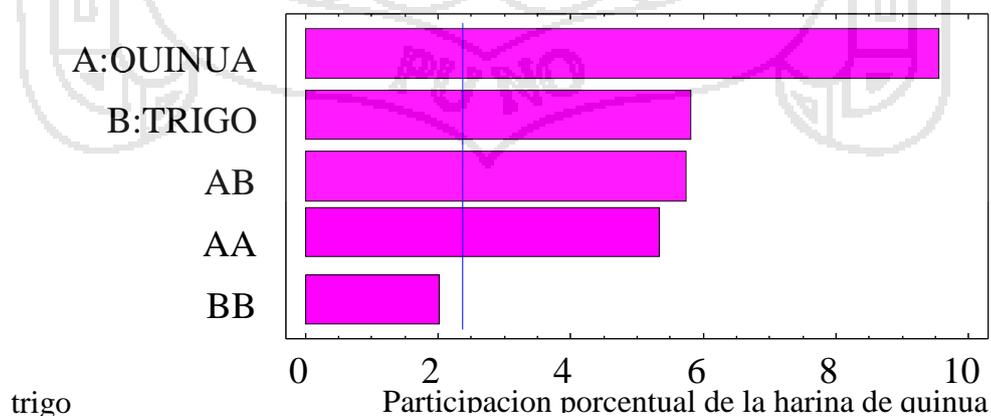


Fig. N° 6 Factores que influyen en el volumen del pan

De los resultados obtenidos los valores de volumen con el uso de quinua flor de

quinua en sustitución parcial de harina de trigo pueden ser estimados con el modelo matemático siguiente:

$$\text{VOLUMEN} = 2858,05 - 38,6433*\text{QUINUA} + 16,26*\text{TRIGO} - 0,531012*\text{QUINUA}^2 + 0,753653*\text{QUINUA}*\text{TRIGO} - 0,200581*\text{TRIGO}^2$$

En estudios similares con el empleo de otros granos andinos se puede observar que este efecto sobre el volumen es influenciado por el porcentaje de uso o sustitución en panes como los resultados obtenidos por Arroyave (2006), quien también determinó que el volumen incrementa cuando hay mayor presencia de harina de trigo y reduce por el efecto de la sustitución. Así también tenemos la tabla N° 02 del anexo 03 donde observamos la estimación de los resultados para el volumen de los 13 tratamientos, donde el tratamiento N° 05 es el que alcanza el valor óptimo para desarrollar el mejor volumen.

4.2.2. Resultados de la evaluación del peso del pan molde

En el Anexo 4, se presenta en análisis de varianza para el peso obtenido en las muestras a diferentes niveles de sustitución de harina flor de quinua por harina de trigo, determinándose que existen diferencias estadísticas significativas cuando se hace uso de la quinua en la elaboración del pan molde y no observándose efecto significativo por el empleo de harina de trigo sobre el peso del producto esto debido a que la harina flor de quinua tiene una alta capacidad de retención de agua lo que influye en el peso final del pan molde. Obteniéndose un peso máximo de 584,623 gramos y un mínimo de 542,87 gramos, observándose que a medida que se incrementa la harina quinua el peso incrementa; en la Figura 7 se observa este hecho donde la harina de quinua flor es responsable del incremento de peso en el pan de molde donde por cada 0,5 de participación porcentual de harina de quinua se lograra 1% de incremento en el peso del pan molde, como se observa en la figura 7.

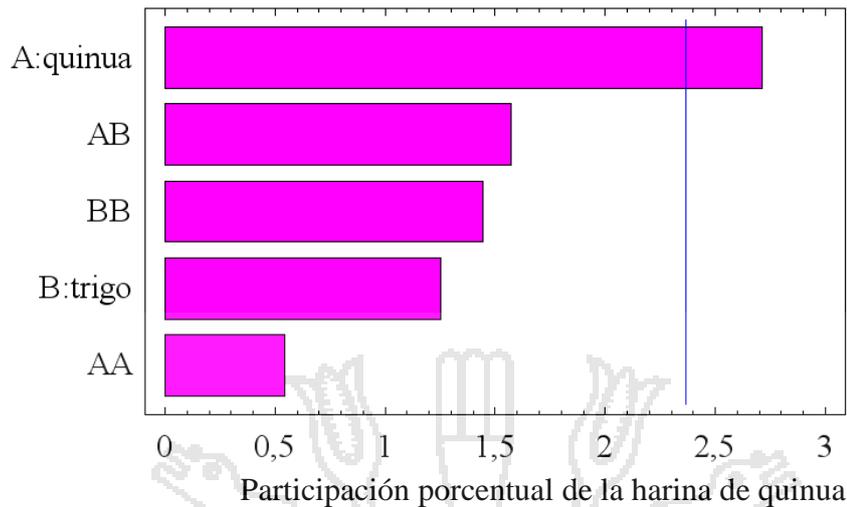


Fig N° 7 Factores que influyen en el peso del pan

Los valores de peso por efecto del uso de harina flor de quinua se pueden estimar con la formula siguiente:

$$\text{peso} = 527,091 - 0,419834 * \text{quinua} + 1,10206 * \text{trigo} - 0,0036547 * \text{quinua}^2 + 0,0140125 * \text{quinua} * \text{trigo} - 0,00974842 * \text{trigo}^2$$

Los resultados del incremento de peso son similares a los determinados por (Arroyave 2006), quien determino que a mayor sustitución de harina de quinua el peso incrementa, esto muy posiblemente debido a que la harina de quinua presenta la capacidad de retener agua. Por ello es necesario tener en cuenta al elaborar productos de panificación con harina de cereales andinos, la calidad del producto que se desea, el proceso elegido para su manufactura, la calidad de su harina de trigo, el tipo y la calidad de la harina que sustituirá a la de trigo, el uso de aditivos especiales y la aceptabilidad del producto por la población a la que está dirigido como lo indica (Reyes 2002) y (Di Cagno 2004).

4.2.3. Evaluación de la textura del pan molde

En el Anexo 5 se presenta los resultados del análisis de variancia para la textura en la corteza del pan molde, donde podemos observa que no presento diferencias

estadísticas significativas en los valores de textura en la corteza, esto muy posiblemente haya sido debido a que la corteza es función de la temperatura a la que se cocina el pan molde y el tiempo es responsable para que se torne atractivo al paladar, determinándose una textura mínima de 11,5077 dmm, un máximo de 34,0045 dmm, con un óptimo para la sustitución de mejor volumen de 11,25, observándose el efecto de la sustitución parcial de harina flor de quinua sobre la textura del pan molde en la Figura 8

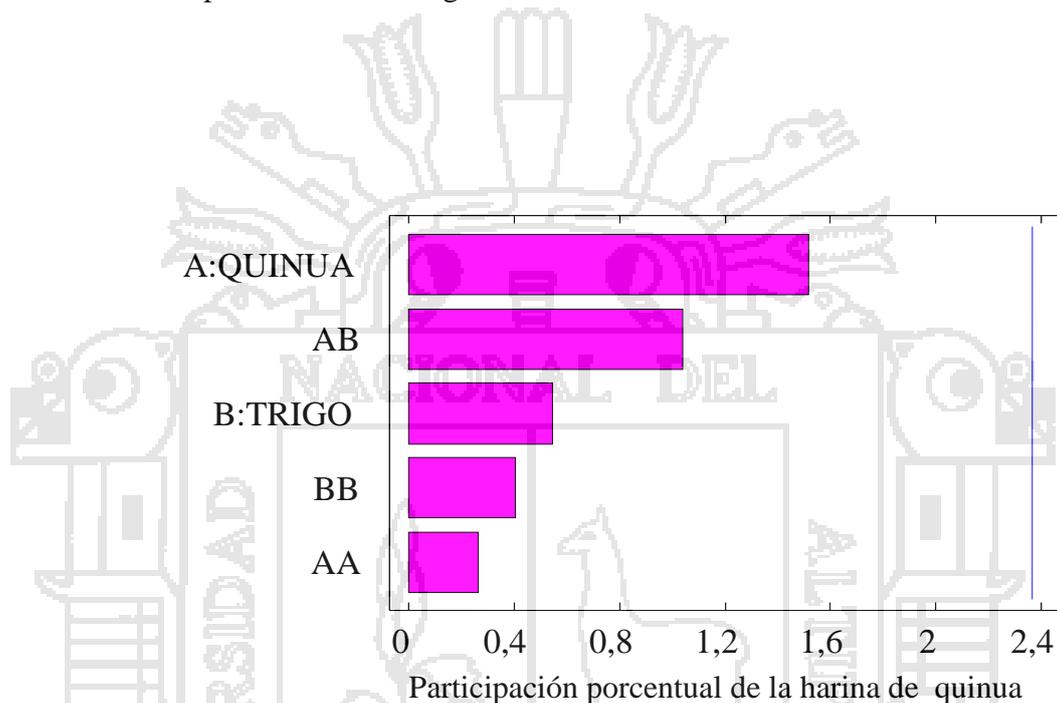


Fig. N° 8. Factor que influye en la textura de la corteza

Los valores de textura en la corteza por efecto del uso de harina flor de quinua se pueden estimar con la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned} \text{CORTEZA} = & -6,76098 + 0,829756 * \text{QUINUA} + 0,517358 * \text{TRIGO} - \\ & 0,00155209 * \text{QUINUA}^2 - 0,008125 * \text{QUINUA} * \text{TRIGO} - \\ & 0,00238522 * \text{TRIGO}^2 \end{aligned}$$

En el anexo 6 se presenta los resultados del análisis de varianza para la textura en la miga del pan molde, observándose que existen diferencias estadísticas significativas

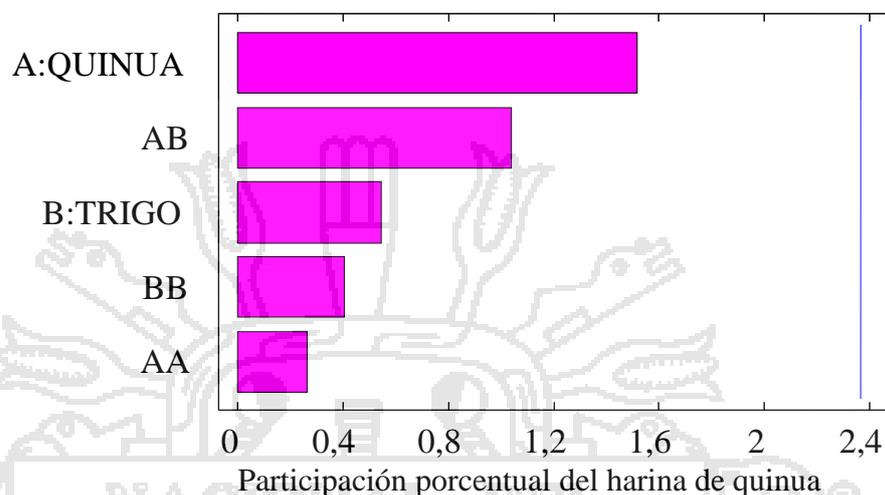
en la textura por efecto del uso de harina flor de quinua y harina de trigo, esto evidencia que los panes son afectados por las sustituciones que sufren, reduciendo la cohesividad en la miga y tienden a ser quebradizos, obteniéndose panes menos apetecibles, panes muy densos y pesados (Reyes, 2002), al sustituir harina de quinua por harina de trigo es muy posible que se afecten también en la flexibilidad y elasticidad de la corteza y de la miga ya que la quinua no tiene la proteína llamada gluten (Kadan 2003), por ello se requiere el conocimiento pleno del producto que se desee elaborar al emplear harinas de cereales andinos a fin de cuidar la calidad, además del conocimiento del proceso a seguir, ya que al ingresar la masa en el horno, las enzimas se desactivan y se produce una aceleración violenta de las diferentes reacciones implicadas en la fermentación, aumentando la producción de gas, dilatándose y evaporándose el alcohol y agua. Además que se gelatiniza el almidón, por lo que se vuelve mucho más sensible al ataque enzimático. Las dextrinas no consumidas, van a darle características jugosas a la miga de pan y a determinar la coloración de la corteza que son determinantes al formar la textura del pan molde (Desrosier 1994). Como podemos observar los resultados a diferentes porcentajes de sustitución en la fig. .Nº 9



Fig. Nº 9 Calidad de la textura en la miga del pan a diferentes tratamientos

Los valores de textura obtenidos se explican en un 73% siendo el modelo confiable, asimismo se determinó un valor máximo de textura en la miga de 61,579 dmm, y un mínimo de 20,4346 dmm, en la figura 10, se observa este hecho de la influencia de la harina flor de quinua sobre la textura indicándonos que a mayor uso de harina

de quinua la textura del producto tiende a cambiar por efecto de la retención de agua de la harina de este pseudo cereal.



Los val
pueden

$$\text{CORTEZA} = -6,76098 + 0,829756 * \text{QUINUA} + 0,517358 * \text{TRIGO} - 0,00155209 * \text{QUINUA}^2 - 0,008125 * \text{QUINUA} * \text{TRIGO} - 0,00238522 * \text{TRIGO}^2$$

4.2.4. Evaluación sensorial de los mejores productos

Los resultados de la evaluación sensorial se presentan en el Anexo 7 y 8, Donde podemos observar que el producto que tuvo mejor aceptación sensorial tanto en sabor y olor fue la muestra 4 (35,71 % HFQ y 64.28% de HT) seguido de las muestra 5 (30%HFQ/70%HT) y 3 (23,38% HFQ/76,61%HT). Esta evaluación se realizó a las mejores muestras como se muestra en la tabla N° 15. A pesar de la calidad de la harina y su comportamiento en la panificación se logró un producto apetecible. Ya que el sabor desprendido o retenido a demás del desarrollo del olor es por la gomosidad por su capacidad de retener agua la que le tribuye características especiales al pan de molde. (Reyes,*et. al.*, 2002),

TRATAMIENTOS	% QUINUA	% TRIGO
1	16.66	83.33
2	2.39	97.6
3	23.38	76.61
4	35.71	64.28
5	30	70
6	10	90

Tabla N° 15: Tratamientos para realizar la evaluación sensorial

4.3. Resultados del perfil de temperatura de gelatinización en los niveles de sustitución de harina de trigo por harina flor de quinua.

En las figuras 11 al 19 se presenta el resultado de la temperatura de gelatinización para los niveles de sustitución de harina de quinua por trigo, y en la Tabla 16 se presentan los resultados de la temperatura de gelatinización, donde podemos observar que la temperatura de gelatinización es influenciado por el usos de la harina de quinua, observándose que se logro una temperatura mínima de gelatinización de 81,5°C en la sustitución 30:70 y un máximo en la temperatura de gelatinización de 87,3°C a un nivel de sustitución de 35,71 y 64,29% de harina de quinua por trigo. Estas variaciones en la temperatura de gelatinización sea muy posiblemente a la disponibilidad de gluten que debería tener una harina panificable, como lo indican Prera (2000) y CCBOL, (2006), ya que de esto depende la formación de una gelatinización o la retrogradación del almidón y desde ya la formación de consistencia en la masa como lo menciona (Kadan 2003).

Además de que la gelatinización del almidón, se volverá sensible al ataque enzimático y Las dextrinas no consumidas, estas van a darle características jugosas a la miga de pan y a determinar la coloración de la corteza como lo indica (Desrosier 1994).

Asimismo los resultados determinados son superiores a los determinados en

sustituciones efectuadas por ejemplo con harina de yuca determinaron 66,14 y 77°C en la temperatura de gelatinización reportado por SANDOVAL (2007).

QUINUA	TRIGO	TEMPERATURA
16,67	83,33	85,800
50,00	50,00	86,200
10,00	90,00	85,800
35,71	64,29	87,300
2,39	97,61	87,000
45,43	54,57	86,300
41,83	58,17	86,000
23,39	76,61	84,500
30,00	70,00	86,100
30,00	70,00	82,100
30,00	70,00	84,750
30,00	70,00	81,525
30,00	70,00	85,088

Tabla 16. Temperatura de Gelatinización en las muestras con sustitución de harina de quinua por trigo.

Los resultados obtenidos en la temperatura de gelatinización presentan un comportamiento diferente a los valores de gelatinización de harina de trigo + yuca que empieza a partir de los 70°C, como lo determino Henao, (2004), esto posiblemente sea debido a que la yuca tiene un contenido porcentual alto de almidón y en nuestro estudio la temperatura tiende a reducir la temperatura de gelatinización, indicándonos que a mayor sustitución la gelatinización en la mezcla será a menor temperatura por tanto el producto sometido a cocción requerirá menor tiempo para desarrollar el color dentro del recinto de cocción.

Figura 11. tratamiento 1 (16.67% HQ y 83.33% HT)

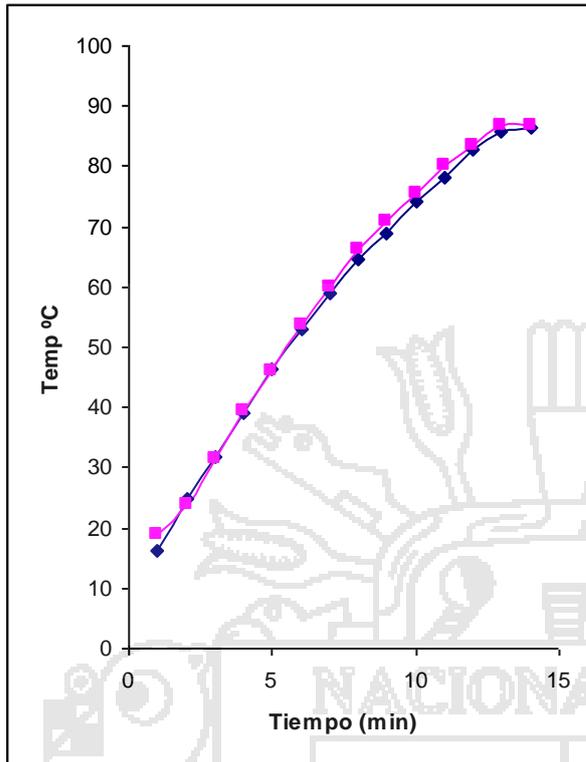


Figura 12. Tratamiento 2 (50.00% HQ y 50.00% HT)

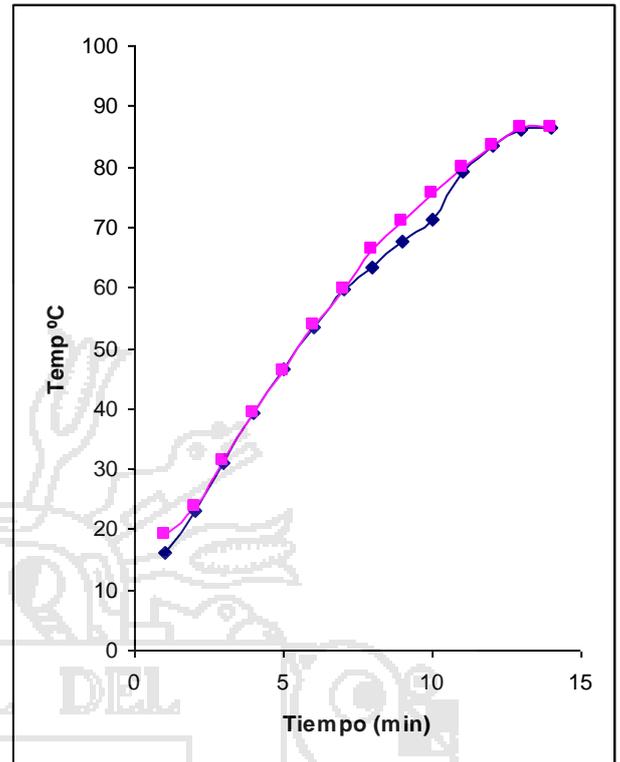


Figura 13. tratamiento 3 (10.00% HQ y 90.00% HT)

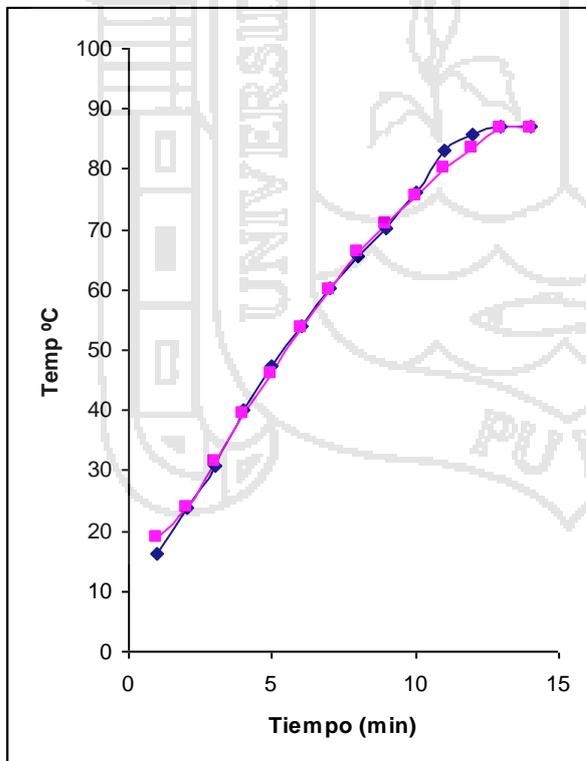


Figura 14. tratamiento 4 (35.71% HQ y 64.29% HT)

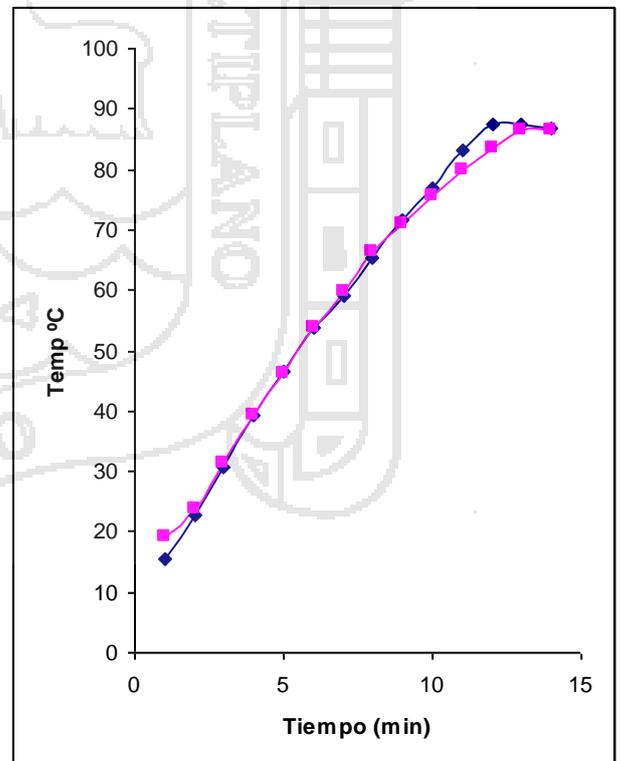


Figura 15. tratamiento 5 (2.39% HQ y 97.61%HT)

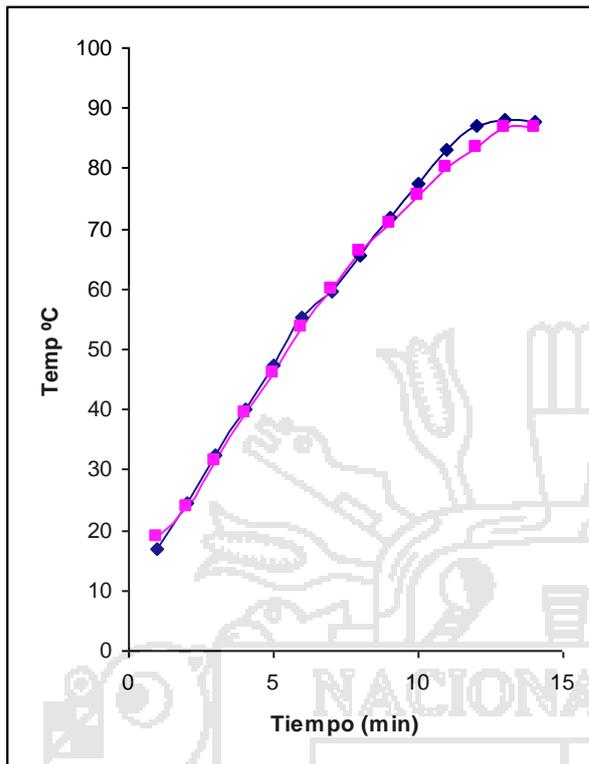


Figura 16. Tratamiento 6 (45.43% HQ y 54.57 HT)

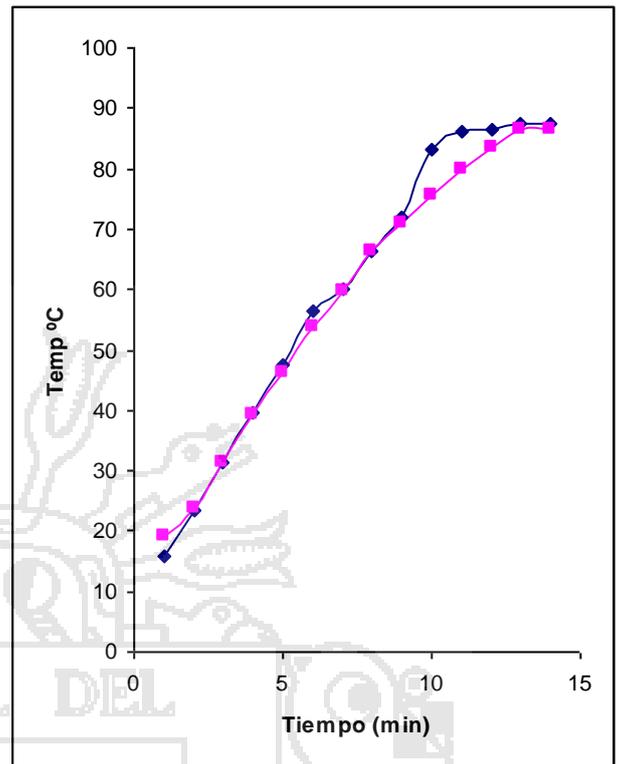


Figura 17. tratamiento 7 (41.83% HQ y 58.17% HT)

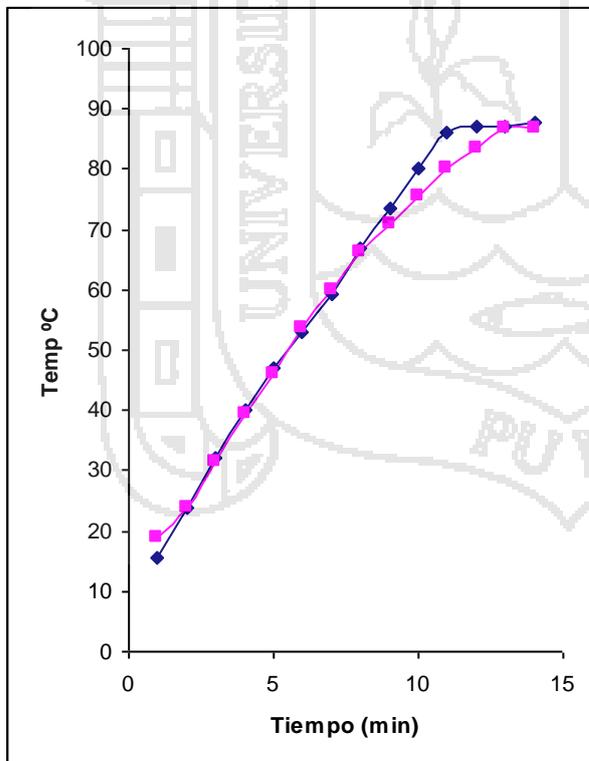


Figura 18. tratamiento 8 (23.39% HQ y 76.61%HT)

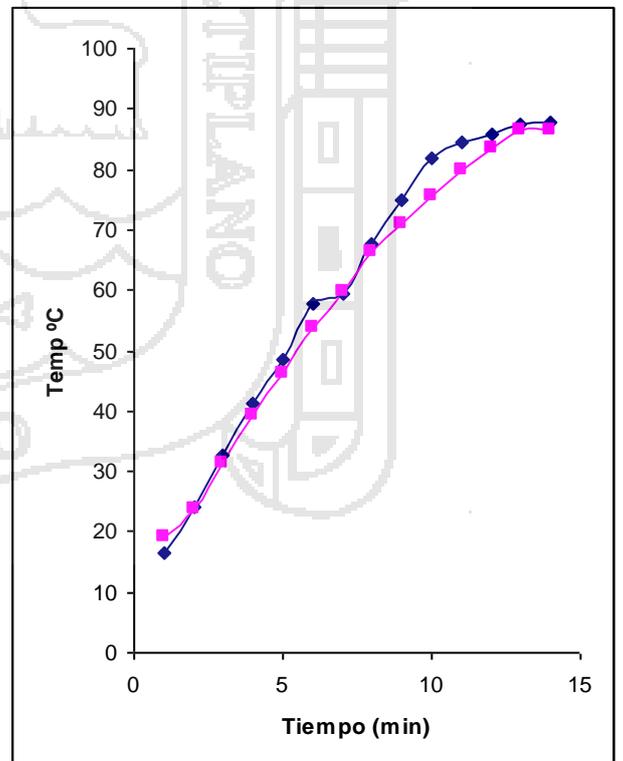
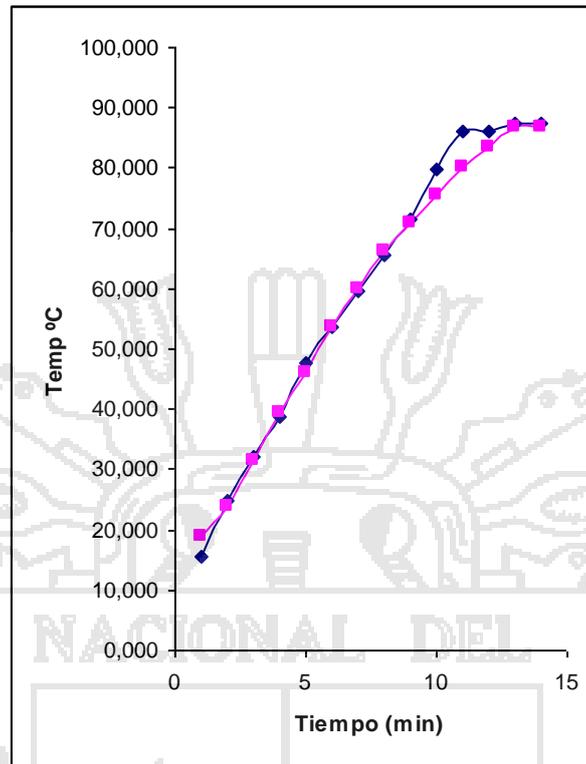


Figura 19. Tratamiento 9 (30.00% HQ y 70.00% HT)



4.4. Resultados de la temperatura de cocción de pan molde

En la Figura 20, observamos que la temperatura de cocción alcanzada por el pan de molde fue de 106 °C en la parte lateral (extremo), con un máximo alcanzado de 106°C y de 115°C en la parte central con una máximo de 115°C en el proceso de cocción del pan de molde, en tanto la temperatura del horno fue de 176°C. El cual fue alcanzado en 65 min. Se comprobó que la temperatura al interior de la miga nunca supera los 100 – 110°C debido a las reacciones de evaporación de agua y alcohol como lo indica (Henaó 2004).

Asimismo observando la figura 20 el pan molde inicia a cocinarse a partir de los 86°C en el centro de la masa esto en 0,5 horas tiempo en el que inicia a gelatinizar el almidón, donde podemos indicar que el producto está ya cocido, alcanzando las características sensoriales en olor y sabor las 1.05 horas donde la temperatura ya se mantiene constante en el producto en su parte lateral y en el centro del mismo producto alcanza a cocinarse a las 115°C.

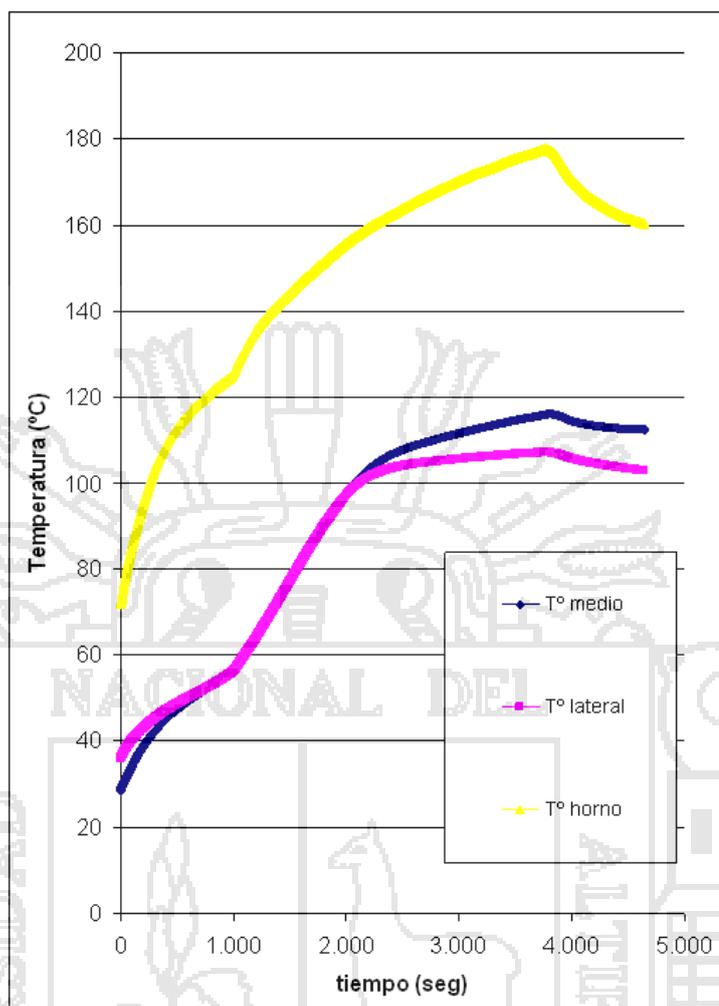


Figura 20. Temperatura de cocción del pan de molde

V. CONCLUSIONES

1. El horno construido requiere menor cantidad de calor por el tipo de geometría que presenta, la misma que genera a partir de ella buena acumulación de calor permitiendo mejor cocción y mayor aprovechamiento de la energía disponible.
2. El pan de molde llega a iniciar su cocción a las 0,5 horas con una temperatura de 86°C y logra alcanzar características aceptables a las 1,05 horas a una temperatura de 115°C. La cámara construida, durante el proceso de cocción de pan molde alcanzó 176°C temperatura suficiente para la cocción de productos.
3. Observamos que la cantidad de harina de quinua flor en un porcentaje mayor al 40 % influye en el volumen y en el peso, debido a que la harina de quinua no contiene gluten y presenta una mayor absorción de agua.
4. Los panes de Molde a nivel de sustitución de 35% y 30% de harina de quinua flor presentaron mejor aroma y mejor sabor, sin alterar su forma logrando calificativos de 4,18 y 3,99 en sabor y 4,25 y 3,75 en olor en el análisis de varianza en la prueba de Duncan al 95 % , teniendo una mejor aceptación en el análisis sensorial

VI. RECOMENDACIONES

1. Para sustituir adecuadamente la harina de quinua u otro cereal o grano andino con la que se quiere lograr mayor aceptación de los productos obtenidos, es necesario considerar y tener el pleno conocimiento del proceso de extracción de la harina, para así lograr la calidad deseada en el producto final
2. Para alcanzar mayor temperatura en el recinto de la cámara de cocción es necesario modificar el tiro de la salida de calor húmedo de la cámara de cocción y el tiro de la cámara de calentamiento con la que es posible mejorar el rendimiento del equipo y lograr mejor aprovechamiento de la energía dentro de la cámara.
3. Es necesario realizar campañas de promoción con el fin de incrementar el uso de la harina de quinua en la panificación contribuyendo además del aprovechamiento de productos regionales.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Albarran C. R. 1993. Estudio de algunos componentes químicos, caracteres morfoanatomicos y patrones proteicos en semillas de dos ecotipos de quinua (*Chenopodium quinua willd*). Concepción, Chile. Universidad de Concepción.
- Alvarado J. Y Aguilera J. M. 2001. “Métodos para medir las propiedades físicas en la industria de los alimentos”
- Angélica P. SANDOVAL A., y Alejandro FERNÁNDEZ Q. (2007). Comportamiento reológico de harinas y almidones de yuca (*manihot esculenta crantz*)
- Araneda Godoy, Giovanna 2004. Obtención, caracterización y estudio de vida útil de la harina integral de quinua. Tesis Ingeniero en Alimentos. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas.
- Badui, P.K. 1999. Aditivos para mejorar el proceso del pan 3ra ed. Compañía editorial Continental, SA, México.
- Bieniawsky Z.T 1992. Design Methodology In Rock Engineering. Theory, education and practice (Ed. Brookfield), Róterdam.
- Carslaw, H. S. 1959. “Conduction of heat in solids”. Oxford University Press.
- Centro de Comercializacion Bolivia CCBOLgroup, 2006. Investigaciones de alimentos Bolivia “Quinua-quinua antecedentes”.
- Di Congo, 2004. Almidones modificados Tesis Universidad Arturo Prat. Chile
- Desrosier, N.W. 1994 “Conservación de alimentos” Edit. Continental Mexico.
- Egli, C.M. 2003 Dynamics of inoculates yeast populatons and their sensory carácter of riesling and chardonnay.
- Eskin P.J.1990 “Los efectos del proceso de producción de las harinas”
- Geankoplis C. J. 1998. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. 3ra ed. Compañía editorial Continental, SA, México.
- Grace, M.R. 1977. Elaboración de la yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma.
- Golato, M. A., Ruiz, H., D’Angelo, J. F., Aso, G., Paz, D., 2005. Determinación del coeficiente global de transferencia de calor en secaderos rotativos de cáscara de limón., Revista Industrial y Agrícola de Tucumán.
- Heldman and Lund. 1992. “Handbook of food Engineering”, New York.
- Heldman and Sing. 1983. Food Process Engineering 2da ed, New YorK
- Henao S.O. 2004. Estudio tecnológico de la utilización de harina de yuca en panificación.

Palmira, Colombia.

Holman J.P. 1997. Cálculos de transferencia calor y energía. 2da ed

INDECOPI 2004. Pan Integral: Pan de molde elaborado con harina integral NTP 206.004.

Instituto de Energía y Termodinámica (2007) Manual de construcción de hornos. Universidad Pontificia Bolivariana. Primer Seminario de Equipos y Servicios dirigido a la Suscripción de Seguros Generales.

Incropera F.P. y De Witt, 1999 Fundamentos de transferencia de calor 4ta Edición. Pentice Hall Hispano Americana S.A., Mexico

Kadan, R.S. 2003 investigación de procesamiento de alimentos y calidad sensorial del ARS. EEUU.

Lewis, M. 1993: "Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado" Editorial Acribia, Zaragoza – España

Morales 1994. Niveles de sustitución de la harina de trigo

Milber Ureña P. 1999, "Evaluación Sensorial de Alimentos", Universidad agraria la Molina. Lima-Perú.

Monshenin, N. E. 1980. "Thermal properties of and Agricultural". New York – USA.

Nieto Cabrera, Carlos, y Madera C, Jorge 1980. Evaluación agronomica y calidad farinologica de 10 ecotipos de quinua *Chenopodium quinoa* W. Universidad Central del Ecuador, Quito. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pichincha. Quito. Ecuador.

Ogungbenle, H., N. 2003 Nutritional Evaluation and Functional Properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. International Journal of Food Sciences and Nutrition.

Palape Pavelic, Inés 1999. Sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) en la elaboración de queques de naranja. Tesis Universidad Arturo Prat. Chile

Prera 2000 composición de las harinas utilizadas en la panificación

Quaglia G. 1991 ciencia y tecnología de la panificación. 2da ed. Editorial Acribia.

Reyes Aguilar María José, Palomo, Patricia, Brezan, Ricardo, 2002. Desarrollo de un producto de panificación apto para el adulto mayor a base de harina de trigo y harina de arroz. Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos. Universidad del Valle de Guatemala

(SENA) SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. (1985) Manual sobre el Proceso de panificación.

Sandoval .A. 2007. Comportamiento reologico de harinas y almidones de yuca durante el

proceso de extrusión. Medellín, Colombia.

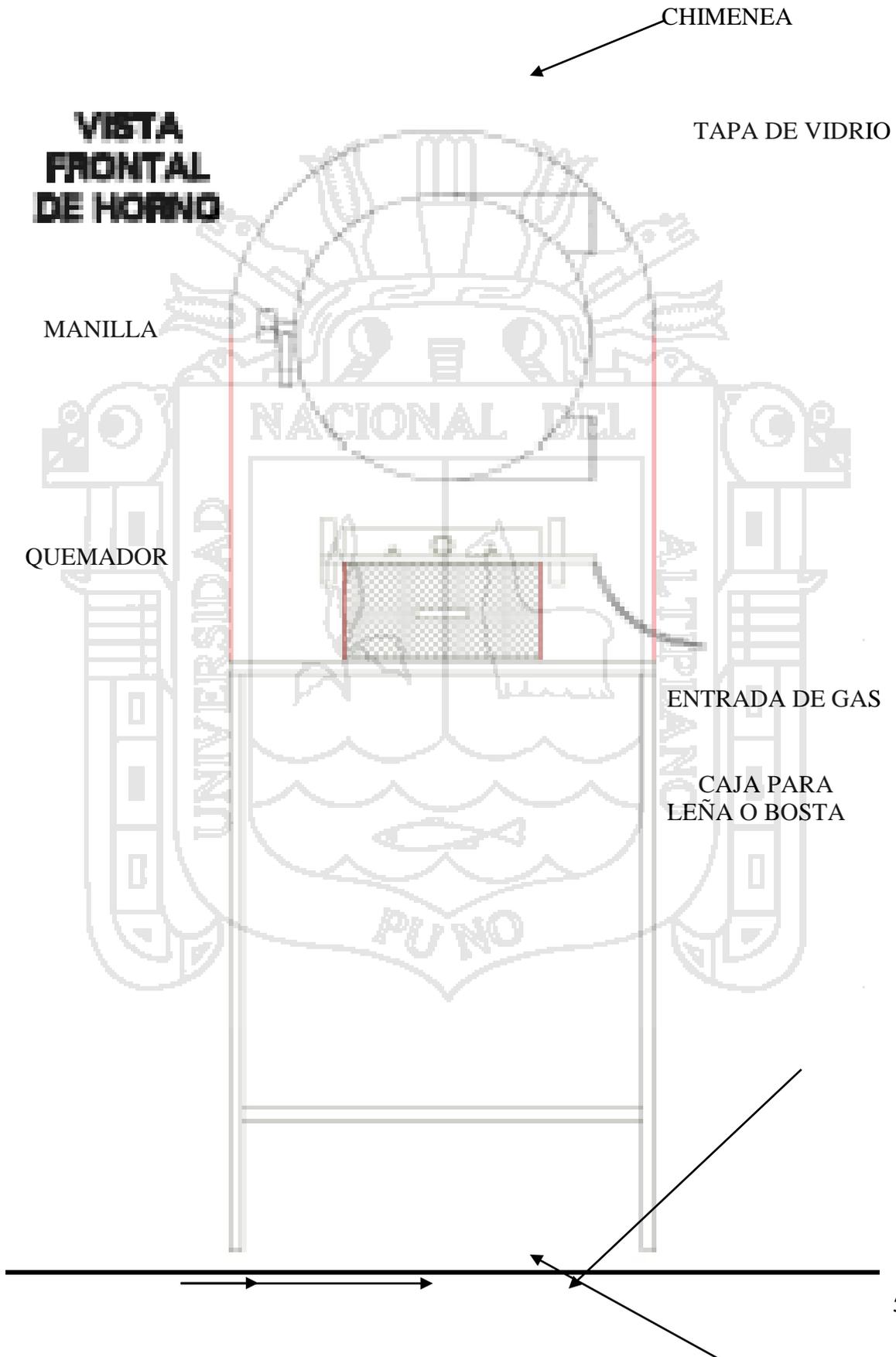
Wahli, Ch. 1990. Quinoa, hacia su cultivo comercial. Latinreco S.A. Quito, Ecuador.

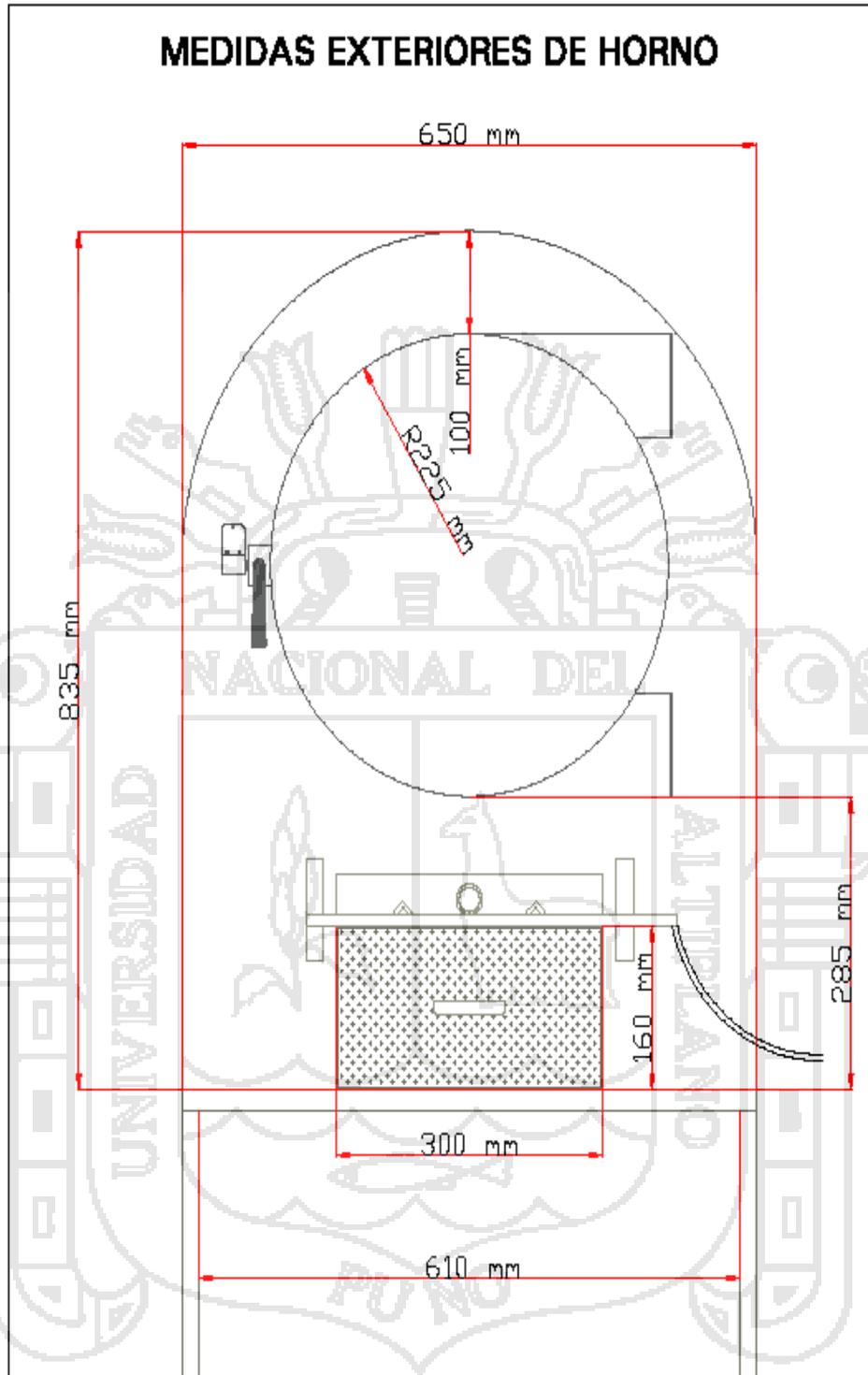
WEBGRAFIA:

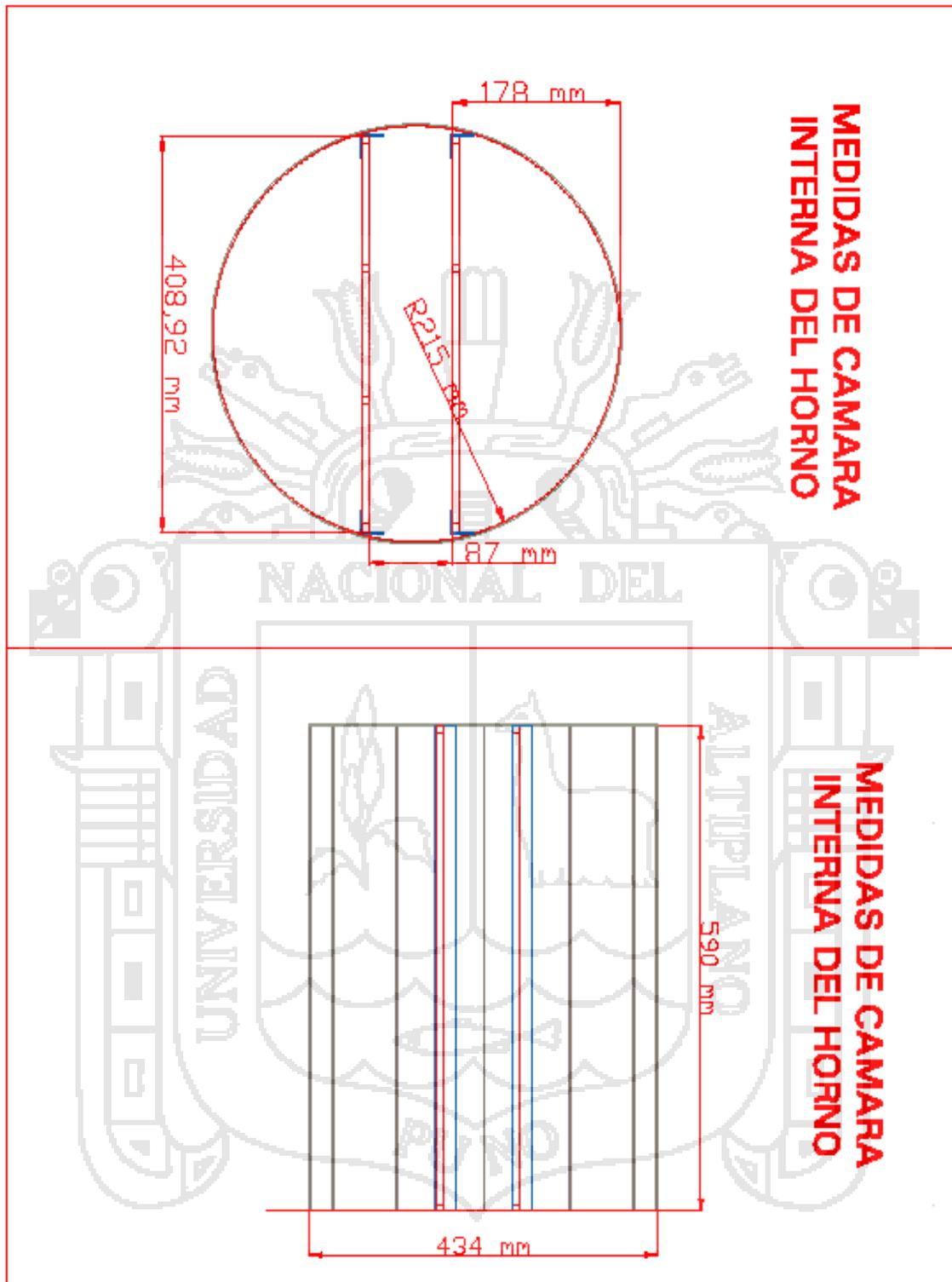
- www.fao.org composición química y valor nutricional del grano de quinoa y derivados.
- www.prodiversitas.bioetica.org

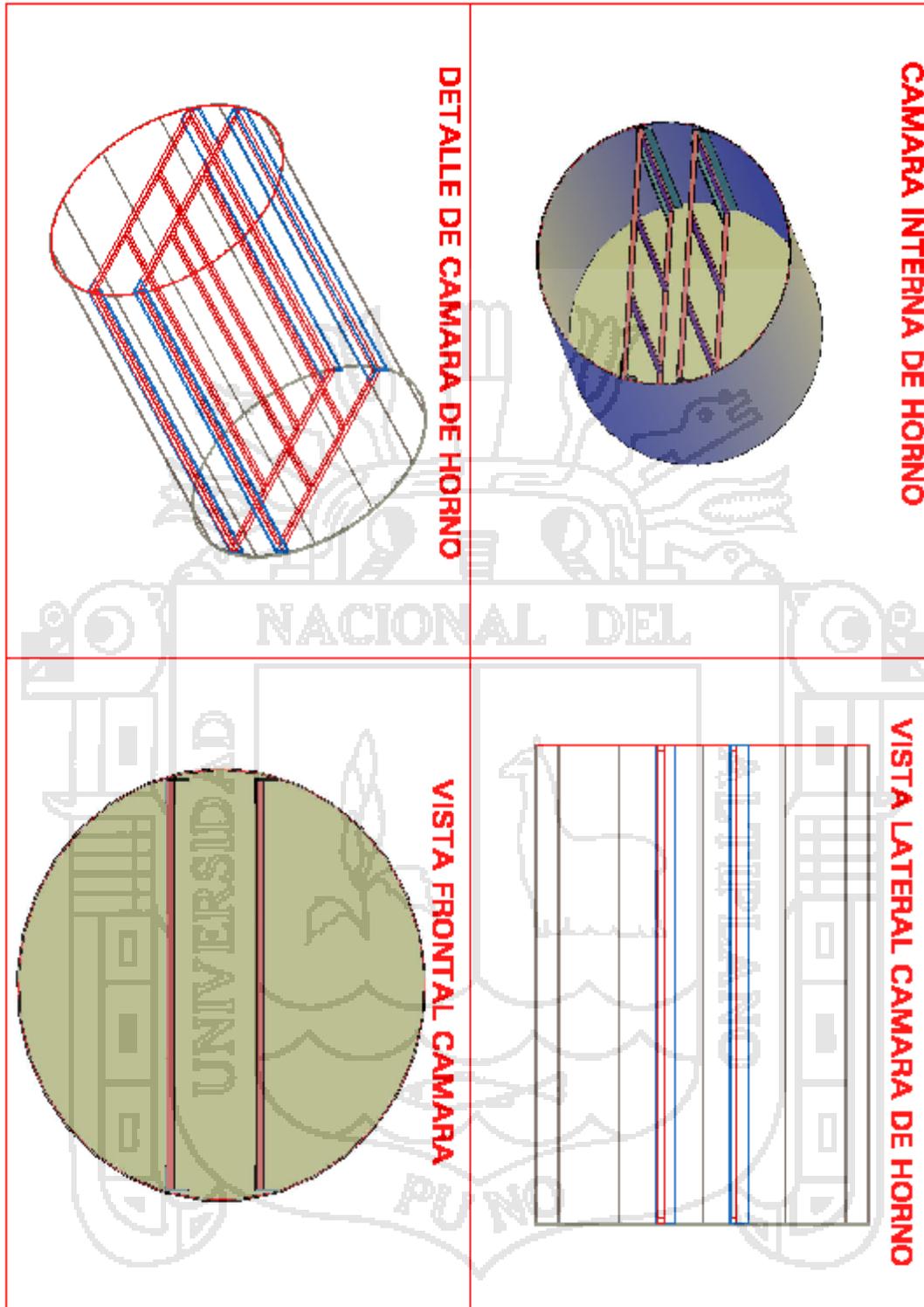












ANEXO Nº 2: CALCULO DE BALANCE DE ENERGIA

CALCULO DEL AREA DEL CILINDRO

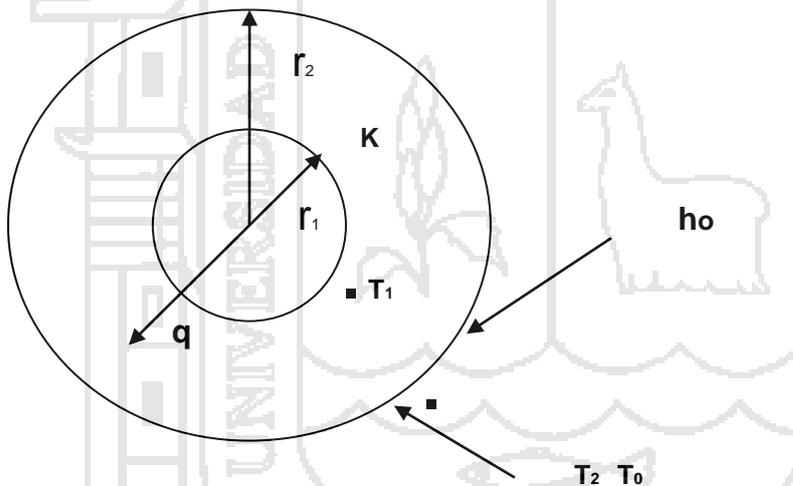
$$A = \pi \cdot r (L + r)$$

$$A = 3.1416 (0.215m) (0.59m + 0.215m)$$

$$A = 3.1416 (0.215m) (0.805m)$$

$$A = 0.5437m^2$$

CALCULO DEL AISLAMIENTO CRÍTICO



$$R = \frac{r_2 - r_1}{KA_i} = \frac{\ln(r_2 - r_1)}{2\pi KL}$$

$$q = \frac{2\pi L(T_1 - T_0)}{\ln \frac{(r_2/r_1)}{K} + \frac{1}{r_2 h_0}}$$

Resolviendo queda:

$$(r_2)cr = \frac{K}{h_0} \dots\dots\dots (1)$$

$$h = \frac{4.634 \times K}{D} \dots\dots\dots (2)$$

$$h = \frac{4.364 \times 13.4 \text{ w/m}^\circ \text{K}}{0.43 \text{ m}} \Rightarrow h = 135.99 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ \text{K}$$

En la ecuación (1) se tiene:

$$(r_2)_{cr} = \frac{13.40 \text{ w/m}^\circ \text{K}}{135.99 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ \text{K}} \Rightarrow (r_2)_{cr} = 0.09854 \text{ m}$$

$$(r_2)_{cr} = 9.854 \text{ cm}$$

BALANCE DE CALOR EN EL PROTOTIPO DE HORNO CILINDRICO

ECOLOGICO

A. ENTRADAS

COMBUSTIBLE: GAS PROPANO (C₃H₈)

- ❖ C₃H₈: consumo 0.3448 L.
- ❖ Calor específico del gas (C₃H₈) = 2.25 KJ/Kg.°C
- ❖ Densidad del C₃H₈ (25 °C) = 0.725 Kg/L
- ❖ Temperatura del C₃H₈ = 35 °C
- ❖ Poder calorífico del C₃H₈ = 49822.92 KJ/Kg.
- ❖ Peso del balón del gas = 10 Kg.

MATERIA PRIMA EN COCCION (Masa de la harina de quinua)

- Consumo de masa preparada = 02 Kg/h ;mínimo.
- Temperatura de la masa = 25 °C
- Calor específico de la harina = 2.04 KJ/Kg.°C
- Calor específico del agua = 1.0 Kcal/Kg.°C = 4.1868 KJ/Kg.°C
- Composición química
- Temperatura del aire primario (aire que ingresa al horno) = 21 °C



- Temperatura ambiente = 25 °C
- Densidad del aire = 1.29 Kg/m³
- Calor específico del aire = 0.325 Kcal/m³ °C = 1.361 KJ/m³ °C
- Altura sobre el nivel del mar = 3820m.
- Presión barométrica = 470 mm Hg.
- Humedad relativa = 38%
- Humedad del aire = 0.0079 Kg. H₂O/Kg. Aire seco.
- Ø ingreso del aire = 0.43

B. SALIDAS

- Peso del producto cocido (masa de harina) = 1600g/h = 1.6 Kg./h
- Temperatura de la masa después del enfriamiento aprox. =
- Temperatura de la masa antes del enfriamiento aprox. = 97.981
- Calor específico de la masa cocida = 2.04 KJ/Kg°C
- Composición química

ENTRADAS DE CALOR AL HORNO (balance estacionario)

a) CALOR ENTREGADO POR EL COMBUSTIBLE

$$Q = m_p C_p \Delta T \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

Q = Flujo de calor (KJ/Kg).

m_p = Flujo de gas (Kg - gas/Kg – masa).

C_p = Calor específico del gas (C₃H₈).

ΔT = cambio de temperatura

T₁ = Temp. Del gas.

T₂ = Temp. Del ambiente.



Entonces volumen consumido del gas es:

$$V = \frac{m_{gas}}{\rho_{gas}} \Rightarrow V = \frac{0.5 \text{ Kg}}{0.725 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}} = 0.6897 \frac{\text{L-gas}}{2 \text{ Kg-masa}}$$

$$V = 0.3448 \text{ L-Gas/Kg-masa}$$

$$\therefore m_p = 0.3448 \text{ Kg-Gas/Kg-masa}$$

Reemplazando datos en la Ec. (1) se tiene:

$$Q_1 = m_p c_p \Delta T$$

$$Q_1 = 0.3448 \frac{\text{Kg-Gas}}{\text{Kg-masa}} \left(2.25 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \right) (35 - 25)^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 7.758 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg-masa}}$$

b) EL CALOR GENERADO POR LA COMBUSTION ESTA DADO POR:

$$Q_2 = m_p P_C \dots\dots\dots(II)$$

Donde:

m_p = Flujo del Gas KJ/Kg – masa cocinada.

P_c = Poder calorífico del Gas. (KJ/Kg) = 11.900 Kcal/kg convertir a kj

Reemplazando datos se tiene:

$$Q_2 = 0.3448 \frac{\text{Kg-Gas}}{\text{Kg-masa coc.}} \left(49822.92 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg-Gas}} \right)$$

$$Q_2 = 17178.94 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg-masa coc.}}$$

El calor total de Q_T es:

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$



$$Q_T = 7.758 \frac{KJ}{Kg - masacoc.} + 17178.94 \frac{KJ}{Kg - masacoc.}$$

$$Q_T = 17186.698 \frac{KJ}{Kg - masacoc.}$$

c) CALOR SENSIBLE DE LA MASA DE LA MEZCLA DE HARINA

$$Q = m_c C_p \Delta T \dots\dots\dots (III)$$

Donde:

Q = Calor sensible del calor de la masa de la mezcla de harina

m_c = Flujo de masa (h.Q.)

C_p = Calor especifico = 2.04 KJ/Kg.°C

ΔT = Cambio de temperatura T_2 = Temperatura (masa de harina de quinua).

T_1 = Temperatura Ambiente.

La relación de flujo de masa es:

$$m_c = \frac{2 Kg - masa fresca}{1.6 Kg - masacoc.}$$

$$m_c = 1.25 Kg - m.f. / Kg - m.c.$$

Entonces el calor sensible de la masa cocida es:

$$Q = 2.5 \frac{Kg - m.f.}{Kg - m.c.} \left(2.04 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} \right) (35 - 25)^\circ C$$

$$Q = 25.5 KJ / Kg - m.c.$$

D) CALCULO POR CONVECCION

Se realiza el cálculo del calor por convección debido a que existe un intercambio de energía entre el fluido (material a cocinar) y la superficie.

Según (J.P Holman, 1997) el calor perdido por convección esta dado por la siguiente ecuación:

$$Q = ha\Delta T \dots\dots\dots (IV)$$

Donde:

Q = Perdida de calor (KJ/Kg – cal).

A = Area (m²).

Ts = Temperatura de superficie (28 °C). a la entrada del horno

Ta = Temperatura Ambiental (25 °C).

h = Coeficiente Global de transferencia de calor por convección (Kcal/m³h)

Según J.P. Holman; 1997), el coeficiente global de transferencia de calor por convección esta dado por:

$$h = \frac{4.364 * K}{D} \dots\dots\dots (V)$$

Donde:

K = Conductividad térmica (inox. 316) = 13.4 w/m⁰K

D = Diámetro del horno (0.43 m.)

$$h = \frac{4.364 * 13.4w / m^0 K}{0.43m}$$

$$h = 135.99 w / m^2 \text{ } ^\circ K \quad \equiv 456.00 \frac{KJ}{hm^2 \text{ } ^\circ K}$$

Reemplazando datos en la Ec. (IV) para determinar Q se tiene:

$$Q = 456 KJ / hm^2 \text{ } ^\circ K \times 0.5437 m^2 \times (301 - 298)^\circ K$$

$$Q = \frac{464.8635 KJ / h}{1.6 Kg \text{ m.c.}}$$

$$Q = 290.5396 KJ / Kg - m.c.$$

SALIDAS DE CALOR:

a) CALOR SENSIBLE DE LA MEZCLA DE HARINA COCIDA:

El calor sensible de la mezcla de harina esta dado por la Ec. (III), a diferencia que los datos son respecto al producto.

$$Q = m_c C_p \Delta T$$

m_c = Flujo de la masa a 1.6 Kg. = 1.25 Kg - m.c.

C_p = Calor especifico de la mezcla de harina 2.04 KJ/Kg $^\circ C$

ΔT = Temperatura de cocci3n 116 $^\circ C$

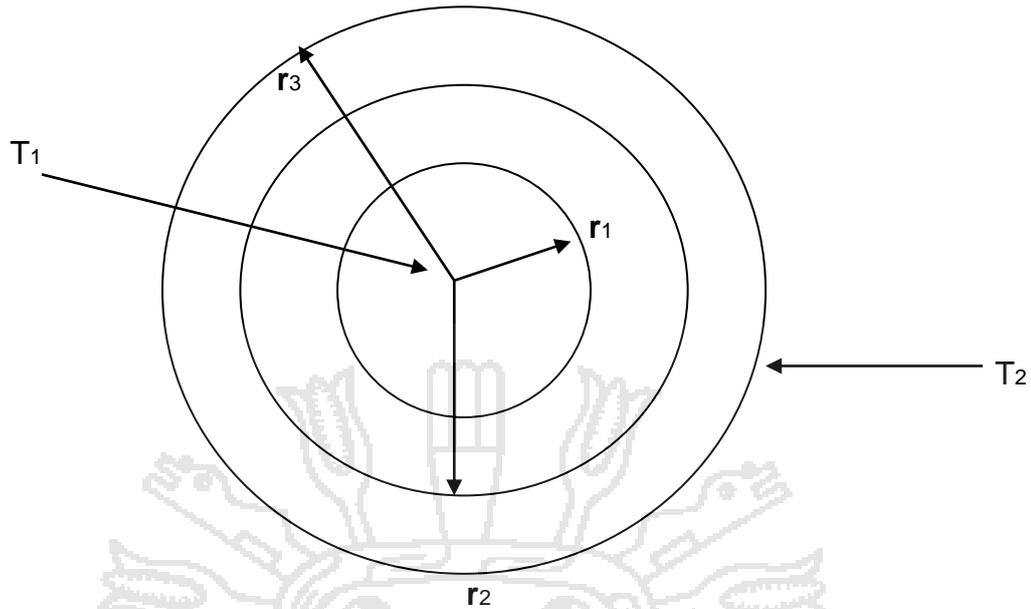
Reemplazando se tiene:

$$Q_{M.h.c} = 1.6 kg * 2.04 KJ / Kg \text{ } ^\circ C \cdot 116 \text{ } ^\circ C$$

$$Q_{M.h.c} = 378.624 KJ / Kg - M.h.c$$

b) CALOR PERDIDO POR CONDUCCION:

Seg3n (J.P. Holman, 1997), la energ3a de transferencia por conducci3n esta determinada en base a la ley de Fourier como se observa



$$Q_{cond} = \frac{2 * \pi * L * T_1 - T_2}{\frac{\ln(r_2 - r_1)}{K_a} + \frac{\ln(r_3 - r_2)}{K_a}} \dots\dots\dots(VIII)$$

ZONA DE COCCION:

Para determinar el calor perdido por conducción en la zona de cocción se utiliza la Ec. (VIII), con los siguientes datos:

Ka = conductividad térmica del inox. 316 = (13.4 w/m°C) = 48.24KJ/hm°K

T1 = Temperatura interna del horno aprox. = 177 °C ≡ 450 °K

T2 = Temperatura de superficie para la zona de cocción = 107 °C ≡ 380 °K.

r1 = Radio interno del horno = 0.215 m.

r2 = Radio medio del horno = 0.25 m.

r3 = Radio externo del horno = 0.36 m.

L = longitud de la zona de cocción = 0.59 m

Reemplazando los datos en la Ec. (VIII) se tiene:

$$Q_{cond} = \frac{2 * (3.1416) * (0.59 m) * (450 - 380)^\circ K}{\frac{\ln(0.25m)/(0.215 m)}{48.24 \frac{KJ}{hm^\circ K}} + \frac{\ln(0.36 m)/(0.25 m)}{48.24 \frac{KJ}{hm^\circ K}}}$$

$$Q_{cond} = \frac{259.4962}{0.038284}$$

$$Q_{cond} = 6778.1893 \frac{KJ}{h} \Rightarrow Q = \frac{6778.1893 KJ/h}{1.6 Kg/m.c.}$$

$$Q_{cond} = 4236.3683 \frac{KJ}{Kg-m.c.}$$

c) CALOR PERDIDO POR CONVECCIÓN:

Según (J.P. Holman, 1997), el calor perdido por convección se expresa en base a la ley de enfriamiento de Newton y esta dado por la siguiente Ec:

$$Q = h A \Delta T \dots\dots\dots (IX)$$

Donde:

Q = Perdida de calor (KJ/Kg – m.c.)

A = Area externa de la zona (m²)

ΔT = Diferencia de temperatura (°C)

T1 = Temperatura de superficie del horno (°C) 196 °C ≡ 469 °K

T2 = Temperatura Ambiente (°C) 25 °C ≡ 298 °K

h = Coeficiente global de transferencia de calor por convección (KJ/m² °K).

según (J.P. Holman, 1997), el coeficiente de transferencia por convección se determina por la siguiente Ec:

$$h = \frac{4.364 * K}{D} \dots\dots\dots(X)$$

Donde:

K = Conductividad del térmica del inox. 316 = 13.4 w/m °K

D = Diámetro interno del horno = 0.43 m.

Reemplazando en la Ec.. (X)

$$h = \frac{4.364 * 13.4 w / m^{\circ} K}{0.43 m}$$

$$h = 135.99 w / m^2 \circ K \equiv 456.2070 \frac{KJ}{hm^2 \circ K}$$

AREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE UN CILINDRO:

$$A_{EXT} = \pi r(L + r) \dots\dots\dots(XI)$$

Reemplazando se tiene:

$$A_{EXT} = 3.1416 * 0.36 m(0.59 m + 0.36 m)$$

$$A_{EXT} = 1.074 m^2$$

Por lo tanto reemplazando en la Ec. (IX) se tiene:

$$Q_{conv} = 456.2070 \frac{KJ}{hm^2 \circ K} * 1.074 m^2 * (469 - 298) \circ K$$

$$Q_{conv} = 83784.224 \frac{KJ}{h} \Rightarrow 83784.224 \frac{KJ}{1.6 Kg - m.c.}$$

$$Q_{conv} = 52365.15 \frac{KJ}{Kg - m.c.}$$

d) CALOR PERDIDO POR RADIACION:

Según (J.P. Holman, 1997), el calor perdido por radiación llamada también ley de Stefan – Boltzman, que determina la siguiente Ec:

$$Q_{rad} = \sigma A[(T_1)^4 - (T_2)^4] \dots\dots\dots Ec. (XII)$$

Donde:

$$\sigma = \text{Constante de Stefan – Boltzman} = 5.669 \times 10^{-8} \text{ w} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ \text{K}$$

$$A = \text{Area de transferencia (m}^2\text{)} = 1.074 \text{ m}^2$$

$$T_1 = \text{Temperatura exterior (}^\circ\text{K)} = 469 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_2 = \text{Temperatura Ambiental (}^\circ\text{K)} = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Reemplazando datos en la Ec. (XII) se tiene:

$$Q_{rad} = 5.669 \times 10^{-8} \frac{\text{w}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ \text{K}^4} * 1.074 \text{ m}^2 [469^4 - 298^4] \text{ } ^\circ \text{K}^4$$

$$Q_{rad} = 2465.845 \text{ w} \equiv 8876.80 \text{ KJ} / \text{h}$$

$$Q_{rad} = \frac{8876.80 \text{ KJ} / \text{h}}{1.6 \text{ Kg} - \text{m.c.}}$$

$$Q_{rad} = 5548.00 \text{ KJ} / \text{Kg} - \text{m.c.}$$

BALANCE TERMICO:

Así tenemos que el balance térmico esta dada de la siguiente manera:

ENTRADAS DE CALOR	KJ/Kg - m.c.	%
Calor entregado por el Combustible	7,758	0,04430486
Calor entregado por la Combustión	17186,698	98,1508348
Calor sensible de la masa Cruda	25,5	0,14562694
Calculo de calor por convección a la entrada de la masa	290,54	1,65923341
TOTAL	17510,496	100

SALIDAS DE CALOR	KJ/Kg - m.c.	%
Calor sensible de la mezcla de harina cocida	378,624	0,60552575
calor perdido por Conducción	4236,3683	6,77513859
calor perdido por Convección	52365,15	83,7465309
calculo perdido por Radiación	5548,00	8,87280478
TOTAL	62528,1423	100





ANEXO 3: VOLUMEN DEL PAN MOLDE

Tabla 1. Análisis de Varianza para el Volumen

Origen	S.C.	GL.	M.C	F- Calculada	P-Value
A:QUINUA	1,008E6	1	1,008E6	91,25	0,0000
B:TRIGO	372437,0	1	372437,0	33,71	0,0007
AA	313849,0	1	313849,0	28,41	0,0011
AB	363515,0	1	363515,0	32,91	0,0007
BB	44781,0	1	44781,0	4,05	0,0839
Total error	77327,1	7	11046,7		

Total (corr.) 2,15466E6 12
 R- Cuadrado = 33,0321 %
 R- Cuadrado (ajuste para GL) = 0.0 %

Coeficiente de regresión

Constante = 2858,05
 A:QUINUA = -38,6433
 B:TRIGO = 16,26
 AA = -0,531012
 AB = 0,753653
 BB = -0,200581

$$\text{VOLUMEN} = 2858,05 - 38,6433 * \text{QUINUA} + 16,26 * \text{TRIGO} - 0,531012 * \text{QUINUA}^2 + 0,753653 * \text{QUINUA} * \text{TRIGO} - 0,200581 * \text{TRIGO}^2$$

Tabla 2. Estimación de resultados para el volumen

Fila	Valor observado	Valor Equipado	Para la media inferior 95,0% CL	Para la media superior 95,0% CL
1	2987,25	3106,89	2910,41	3303,37
2	1761,8	1794,04	1597,56	1990,52
3	2989,49	2935,5	2739,02	3131,98
4	2969,89	2828,49	2632,01	3024,97
5	3086,98	3036,05	2839,57	3232,54
6	1959,38	2032,06	1835,58	2228,54
7	2605,16	2493,26	2296,78	2689,74
8	2969,89	3103,54	2907,06	3300,02
9	2984,26	2958,87	2847,72	3070,01
10	2952,52	2958,87	2847,72	3070,01
11	2952,52	2958,87	2847,72	3070,01
12	2952,52	2958,87	2847,72	3070,01
13	2952,52	2958,87	2847,72	3070,01

ESTIMADO PARA EL MEJOR PRODUCTO EN FUNCION AL MEJOR VOLUMEN

Objetivo: mantener VOLUMEN en 3086,98

Valor Optimo = 3086,98

Factor	Bajo	Alto	Optimo
QUINUA	1,71573	58,2843	22,7184
TRIGO	41,7157	98,2843	76,9026

Objetivo: Máximo VOLUMEN

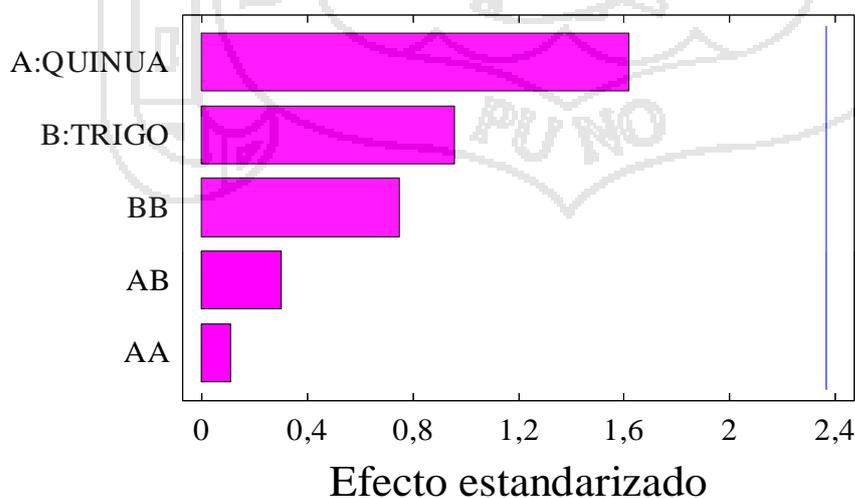
Valor Optimo = 3174,21

Factor	Bajo	Alto	Optimo
QUINUA	1,71573	58,2843	1,71574
TRIGO	41,71570	98,2843	43,7539

Objetivo: Mínimo VOLUMEN

Valor Optimo = 963,532

Factor	Bajo	Alto	Optimo
QUINUA	1,71573	58,2843	58,2843
TRIGO	41,71570	98,2843	41,7157



ANEXO N° 4: PESO DEL PAN MOLDE

Análisis de Varianza para el peso

Tabla 1

Origen	S.C.	GL	M.C.	F- Calculada	P-Value
A:quinua	373,756	1	373,756	7,37	0,0300
B:trigo	79,54	1	79,54	1,57	0,2508
AA	14,8668	1	14,8668	0,29	0,6051
AB	125,664	1	125,664	2,48	0,1595
BB	105,775	1	105,775	2,08	0,1920
Total error	355,165	7	50,7379		

Total (corr.) 1046,33 12

R- Cuadrado = 66,0561 %

R- Cuadrado (ajuste para GL) = 41,8105 %

Respuesta Optimizada

Objetivo: Máximo peso

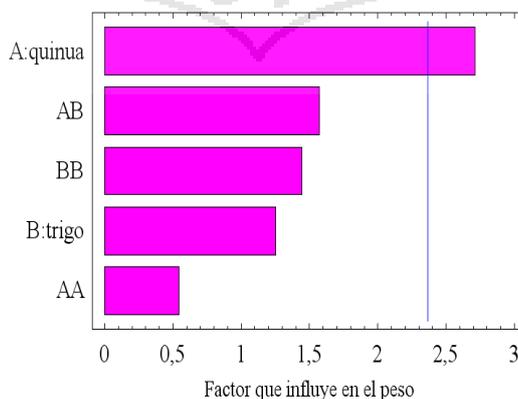
Valor Optimo = 584,623

Factor	Bajo	Alto	Optimo
Quinua	1,71573	58,2843	58,2843
Trigo	41,71570	98,2843	98,2839

Objetivo: Mínimo peso

Valor Optimo = 542,87

Factor	Bajo	Alto	Optimo
Quinua	1,71573	58,2843	1,71573
Trigo	41,71570	98,2843	98,2843



ANEXO N° 5: TEXTURA EN LA CORTEZA

Análisis de Varianza para la CORTEZA

Origen	S.C.	GL.	M.C.	F- Calculada	P-Value
A:QUINUA	90,1886	1	90,1886	2,28	0,1744
B:TRIGO	11,6443	1	11,6443	0,29	0,6039
AA	2,6813	1	2,6813	0,07	0,8019
AB	42,25	1	42,25	1,07	0,3353
BB	6,33241	1	6,33241	0,16	0,7007
Total error	276,367	7	39,481		
Total (corr.)	428,526	12			

R- Cuadrado = 35,5076 %

R- Cuadrado (ajuste para GL.) = 0,0 %

Coeficiente de Regresión para la CORTEZA

Constante = -6,76098

A:QUINUA = 0,829756

B:TRIGO = 0,517358

AA = -0,00155209

AB = -0,008125

BB = -0,00238522

Estimación de resultados para la CORTEZA

Fila	Valor observado	Valor Equipado	Para la media inferior 95,0% CL	Para la media superior 95,0% CL
1	26,333	17,2237	5,47753	28,9699
2	30,0	30,4389	18,6928	42,1851
3	24,0	21,3108	9,56462	33,057
4	14,667	21,526	9,77985	33,2722
5	10,333	18,2097	6,46356	29,9559
6	33,333	27,7065	15,9603	39,4527
7	18,333	23,9978	12,2516	35,744
8	24,0	20,5854	8,83924	32,3316
9	24,0	24,1998	17,5551	30,8444
10	23,333	24,1998	17,5551	30,8444
11	24,333	24,1998	17,5551	30,8444
12	24,333	24,1998	17,5551	30,8444
13	25,0	24,1998	17,5551	30,8444

Respuesta Optimizada

Objetivo: Mínima CORTEZA

Valor Optimo = 11,5077

Factor	Bajo	Alto	Optimo
QUINUA	1,71573	58,2843	1,71573
TRIGO	41,7157	98,2843	41,7157

Respuesta Optimizada

Objetivo: Máxima CORTEZA

Valor Optimo = 34,0045

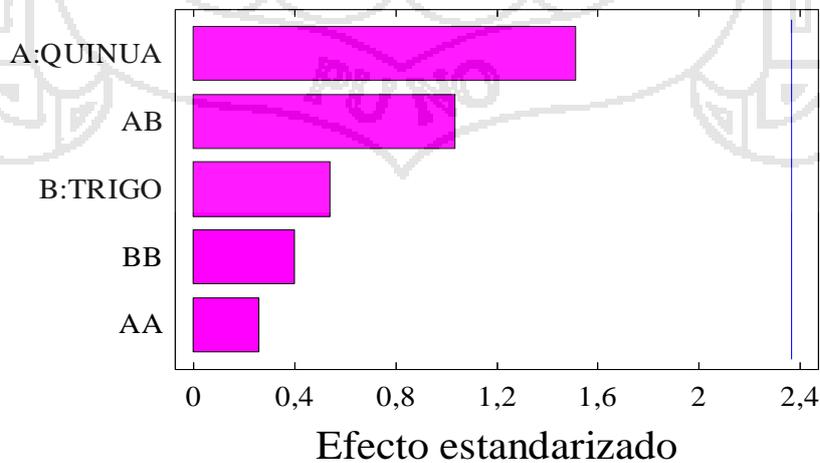
Factor	Bajo	Alto	Optimo
QUINUA	1,71573	58,2843	58,2843
TRIGO	41,7157	98,2843	41,7157

Respuesta Optimizada

Objetivo: Mínima CORTEZA

Valor Optimo = 11,5077

Factor	Bajo	Alto	Optimo
QUINUA	1,71573	58,2843	1,71573
TRIGO	41,7157	98,2843	41,7157



ANEXO N° 6: TEXTURA EN EL BORDE

Analysis of Variance for BORDE

Origen	S.C.	GL.	M.C	F- Calculada	P-Value
A:QUINUA	329,554	1	329,554	7,73	0,0273
B:TRIGO	311,131	1	311,131	7,30	0,0306
AA	2,13718	1	2,13718	0,05	0,8292
AB	23,3579	1	23,3579	0,55	0,4832
BB	137,492	1	137,492	3,23	0,1156
Total error	298,394	7	42,6278		
<hr/>					
Total (corr.)	1109,03	12			

R-Cuadrado = 73,0942 %

R- Cuadrado (ajuste para GL.) = 53,8757 %

Coefficiente de regresión para el BORDE

Constante = 83,7927

A:QUINUA = 0,826942

B:TRIGO = -1,68658

AA = -0,00138568

AB = -0,00604125

BB = 0,0111143

$$\text{BORDE} = 83,7927 + 0,826942 * \text{QUINUA} - 1,68658 * \text{TRIGO} - 0,00138568 * \text{QUINUA}^2 - 0,00604125 * \text{QUINUA} * \text{TRIGO} + 0,0111143 * \text{TRIGO}^2$$

VALOR ESPERADO

Respuesta optimizada

Objetivo: Mantener BORDE en 11,25

Valor Optimo = 20,4346

Factor	Bajo	Alto	Optimo
QUINUA	1,71573	58,2843	1,71573
TRIGO	41,7157	98,2843	76,3409

Respuesta Optimizada

Objetivo: Máximo BORDE

Valor Optimo = 61,579

Factor	Bajo	Alto	Optimo
QUINUA	1,71573	58,2843	58,2843
TRIGO	41,7157	98,2843	41,7157

Respuesta Optimizada

Objetivo: Mínima BORDE

Valor Optimo = 20,4346

Factor	Bajo	Alto	Optimo
QUINUA	1,71573	58,2843	1,71573
TRIGO	41,7157	98,2843	76,3409

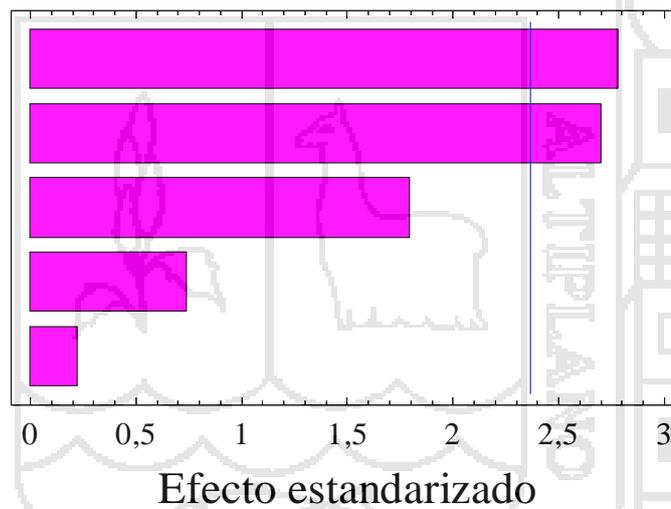
A:QUINUA

B:TRIGO

BB

AB

AA



ANEXO N° 7: Sabor de las muestras de Pan Molde

Análisis de Varianza para el SABOR

Origen	S.C	G.L	M.C	F- Calculada	P-Value
Entre grupos	62,6935	5	12,5387	39,19	0,0000
Dentro de grupos	17,275	54	0,3199		
Total (Corr.)	79,9685	59			

Pruebas de alcance múltiple

Tests de rango múltiple

Método: Duncan al 95,0 por ciento

	N° datos	Promedio	Grupos homogéneos
M3	10	1,55	c
M6	10	1,95	c
M5	10	2,0	cb
M2	10	2,5	b
M4	10	3,99	a
M1	10	4,18	a

Contraste Diferencia

M1 - M2	*1,68
M1 - M3	*2,63
M1 - M4	0,19
M1 - M5	*2,18
M1 - M6	*2,23
M2 - M3	*0,95
M2 - M4	*-1,49
M2 - M5	0,5
M2 - M6	*0,55
M3 - M4	*-2,44
M3 - M5	-0,45
M3 - M6	-0,4
M4 - M5	*1,99
M4 - M6	*2,04
M5 - M6	0,05

* Significa una diferencia estadísticamente importante.

ANEXO N° 8: Olor de las muestras de pan
Análisis de variancia para olor de los panes de molde

Origen	S.C	G.L.	M.C	F- Calculada	P-Value
Between groups	60,3833	5	12,0767	44,06	0,0000
Within groups	14,8	54	0,2740		
Total (Corr.)	75,1833	59			

Pruebas de alcance multiple
Test de rango multiple

Método: Duncan 95,0 por ciento

	N° datos	Promedio	Grupos Homogéneos
M3	10	1,4	D
M6	10	1,85	D
M5	10	2,35	C
M2	10	2,7	C
M4	10	3,75	B
M1	10	4,25	A

Contraste Diferencia

M1 - M2	*1,55
M1 - M3	*2,85
M1 - M4	*0,5
M1 - M5	*1,9
M1 - M6	*2,4
M2 - M3	*1,3
M2 - M4	*-1,05
M2 - M5	0,35
M2 - M6	*0,85
M3 - M4	*-2,35
M3 - M5	*-0,95
M3 - M6	-0,45
M4 - M5	*1,4
M4 - M6	*1,9
M5 - M6	*0,5

* Significa una diferencia estadísticamente importante.

ANEXO N° 9:**MANUAL DE INSTRUCCIONES SOBRE LA SEGURIDAD, EL USO Y EL MANTENIMIENTO DEL HORNO**

Este aparato ha sido proyectado y fabricado para el uso semi industrial. Los usos diferentes se consideran impropios y peligrosos. El aparato no debe ser utilizado por niños ni personas con discapacidad sin la presencia de una persona responsable.

ENCENDIDO DEL HORNO:

El encendido del horno es manual, gire la perilla lentamente a la izquierda en ese momento acerque un fosforo hasta que prenda el quemador, controlando con la perilla la salida del gas con el cual se incrementara la cantidad de calor y la temperatura deseada, para apagar el horno gire el botón a la derecha, hasta su posición apagado.

En caso de avería y/o mal funcionamiento del aparato, cierre la llave de paso del suministro de gas principal.

Para el funcionamiento a leña retire el quemador el cual está ubicado debajo de la cámara de cocción, luego ponga en el recinto la cantidad necesaria de leña o carbón para calentar el horno.

Nota: Es importante calcular la cantidad de leña ya que esta podría alcanzar una combustión alta y las llamas de fuego saldrían por los costados el cual elevaría muy rápido la temperatura de la cámara interna y a la vez que se calentaría la parte interna del horno.

ADVERTENCIAS Y NOTAS SOBRE SEGURIDAD

Se recomienda cerrar la llave de paso del suministro de **gas** principal al terminar de cocinar.

SEGURIDAD DOMÉSTICA. Los quemadores y la superficie de cocción, el **horno** alcanzan temperaturas elevadas durante el uso. No deje que los niños se acerquen a ellos ni jueguen a su alrededor.

QUÉ HACER AL ENCENDER EL HORNO POR PRIMERA VEZ.

Ponga en funcionamiento el horno en vacío durante unos 30 minutos para eliminar la eventual grasa o suciedad del ciclo de producción. Aire el local.

Limpiar el horno.

- Apague el horno y déjelo enfriar.
 - Despegue o saque los restos de comida que se han caído en el horno.

Se recomienda limpiar el horno de vez en cuando. Remueva o quite de las paredes del horno la comida quemada.

Productos de bajo costo para limpiar su horno manual

- Coloque media taza de amoníaco en un recipiente.
 - Coloque el recipiente en el horno FRÍO.
 - Deje la puerta del horno cerrada por cuatro horas o toda la noche.
 - Saque el recipiente del horno.
 - Saque la parrilla y lávela.
 - Agregue el amoníaco del recipiente a un cuarto de agua caliente.
 - Sumerja un trapo en este líquido. Limpie el interior del horno y la puerta con el trapo.
 - Seguidamente, enjuague y seque el horno y la puerta con un trapo.

LIMPIEZA DEL RECINTO DE LEÑA DEL HORNO.

El horno tiene un recinto en la parte inferior, límpielo cada vez que termine de usarlo, eliminando las cenizas o restos de carbón que queden en ella.

Lávala con agua caliente jabonosa. Enjuáguela y séquela con un trapo.

TAPA DE CRISTAL (puerta).

Para hacer la limpieza de su horno. Deben estar los quemadores apagados, espere a que el horno este completamente frío, elimine la grasa o restos de comida, con agua tibia y jabonosa y con un trapo o esponja suave, enjuáguelo bien con agua limpia y séquelo, deje la puerta abierta unas minutos para un mejor secado.