



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**ESTANDARIZACIÓN DE TIEMPOS DE  
FERMENTACIÓN Y HORNEADO REQUERIDOS PARA  
LA PRODUCCIÓN SEMICONTINUA EN UNA  
PANIFICADORA.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:  
LUIS ALBERTO AMBROSIO PACHECO**

**ASESOR: M. EN C. ENRIQUE MARTÍNEZ MANRIQUE**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIAS**

A DIOS POR QUE HA ESTADO CONMIGO EN CADA PASO QUE DOY CUIDANDOME Y DANDOME FORTALEZA PARA CONTINUAR.

A MIS PADRES POR EL APOYO INCONDICIONAL Y POR DEPOSITAR SU ENTERA CONFIANZA EN MI, SIN DUDARLO NI UN SOLO MOMENTO.

A MI PADRE FELIPE POR SER UN EJEMPLO EN MI VIDA.

A MI MADRE ESMERALDA POR DARME FUERZA Y APOYO.

A MIS HERMANOS EDUARDO Y JUAN MANUEL.

A KAREN POR ESTAR SIEMPRE A MI LADO EN LOS MOMENTOS DE DECLINE Y CANSANCIO.

A EL PROFESOR ENRIQUE POR SU INTERVENCIÓN Y APOYO EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

A MIS PROFESORES A QUIENES LES DEBO GRAN PARTE DE MIS CONOCIMIENTOS, GRACIAS POR SU PACIENCIA Y ENSEÑANZA.

A LA UNIVESIDAD POR ABRIR LAS PUERTAS A JOVENES COMO YO. FORMANDOLOS PARA UN FUTURO.

## ÍNDICE

CONTENIDO	página
Lista de tablas	
Lista de figuras	
Resumen.....	i
Introducción.....	ii
<b>1. ANTECEDENTES</b>	
1.1 Características generales del trigo.....	1
1.1.1 Morfología de la planta.....	1
1.1.2 Estructura del grano.....	3
1.1.3 Variedades.....	3
1.1.3.1 Según la cosecha.....	3
1.1.3.2 Según el grano.....	3
1.1.3.3 Según la textura del endospermo.....	4
1.1.3.4 Clasificación de trigos según su fuerza.....	5
1.2 Orígenes del pan.....	6
1.3 Descripción del proceso general de elaboración de pan.....	7
1.3.1 Descripción del proceso de elaboración de pan en la panificadora donde se realizó este trabajo.....	10
1.4 Importancia de la fermentación y horneado en el proceso de panificación.....	13
1.4.1 Etapa de fermentación.....	13
1.4.2 Etapa de horneado.....	13
1.5 Descripción de la infraestructura de la panificadora.....	14
1.6 Definición de productos elaborados en la empresa.....	17
1.7 Descripción de los equipos de fermentación y horneado en planta.....	18
1.7.1 Descripción del área de fermentación.....	18
1.7.2 Descripción del área de horneado.....	20
1.7.2.1 Diferencias en los tipos de hornos.....	20

1.8 Descripción de hornos.....	23
1.8.1 Descripción de hornos de gas.....	23
1.8.2 Descripción de hornos eléctricos.....	27
1.9 Capacidad de los hornos.....	31

## **2. OBJETIVOS**

2.1 Objetivo general.....	33
2.2 Objetivos particulares.....	33

## **3. DESARROLLO EXPERIMENTAL**

3.1 Materia prima.....	34
3.2 Fermentación.....	34
3.3 Horneado.....	34
3.4 Elementos de planeación de la producción.....	35

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 Determinación de los tiempos de fermentación por parámetros visuales.....	36
4.1.1 Pan de caja.....	37
4.1.2 Bolillos.....	40
4.1.3 Baguette.....	44
4.1.4 Bollos.....	48
4.2 Determinación de las temperaturas y tiempos de horneado para cada tipo de horno...51	
4.2.1 Tablas de registro de temperaturas y tiempos de horneado para el pan de caja....52	
4.2.1.1 Determinación de temperatura de horneado, pan de caja.....52	
4.2.1.2 Determinación de tiempo de horneado, pan de caja.....55	
4.2.2 Tablas de registro de temperaturas y tiempos de horneado para el bolillo.....59	
4.2.2.1 Determinación de temperatura de horneado, pan bolillo.....59	
4.2.2.2 Determinación de tiempo de horneado, pan bolillo.....61	
4.2.3 Tabla de registro de temperaturas y tiempos de horneado para el pan baguette....63	

4.2.3.1 Determinación de temperatura de horneado, pan baguette.....	63
4.2.3.2 Determinación de tiempo de horneado, pan baguette.....	65
4.2.4 Tabla de registro de temperaturas y tiempos de horneado para el pan bollo .....	68
4.2.4.1 Determinación de temperatura de horneado, pan bollo.....	68
4.2.4.2 Determinación de tiempo de horneado, pan bollo.....	70
4.2.5 Tabla de registro de temperaturas y tiempos de horneado para el pan plano .....	73
4.2.5.1 Determinación de temperatura de horneado, pan plano.....	73
4.2.5.2 Determinación de tiempo de horneado, pan plano.....	75
4.3 Importancia de la planeación de la producción en el área de horneado.....	78
4.4 Hojas de registro usadas para el control de la producción.....	81
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>84</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>86</b>

## LISTA DE TABLAS

Página

Tabla 1. Clasificación de los trigos con base en la funcionalidad del gluten.....	6
Tabla 2. Diferencias entre hornos eléctricos y hornos de gas.....	21
Tabla 3. Capacidad en charolas de los diferentes hornos, para cada tipo de pan.....	32
Tabla 4. Observaciones del estado de la masa fermentada, para el pan de caja.....	39
Tabla 5. Observaciones del estado de la masa fermentada, para el pan de bolillo.....	43
Tabla 6. Observaciones del estado de la masa fermentada, para el pan baguette.....	47
Tabla 7. Observaciones del estado de la masa fermentada, para el pan de bollo.....	50
Tabla 8. Propuesta de tabla de estandarización de tiempo y temperatura para el horneado del pan de caja, en cada tipo de horno.....	58
Tabla 9. Propuesta de tabla de estandarización de temperaturas y tiempos de horneado del pan bolillo, en cada tipo de horno.....	63
Tabla 10. Propuesta de tabla de estandarización de temperaturas y tiempos de horneado para el pan baguette, en cada tipo de horno.....	68
Tabla 11. Propuesta de tabla de estandarización de temperaturas y tiempos de horneado para el pan bollo, en cada tipo de horno.....	72
Tabla 12. Propuesta de estandarización de temperaturas y tiempos de horneado para el pan plano, en cada tipo de horno.....	77
Tabla 13. Control de perdidas en el área de horneado.....	78
Tabla 14. Propuesta de tabla de tiempos de producción del área de horneo.....	79
Tabla 15. Reducción de perdidas por organización de la producción.....	80
Tabla 16. Propuesta de hoja de control para los hornos de gas.....	82
Tabla 17. Propuesta de hoja de control para los hornos eléctricos.....	83

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Planta de trigo y sus partes.....	2
Figura 2. Diagrama de bloques de elaboración de pan.....	8
Figura 3. Diagrama de bloques de elaboración de pan en la panificadora.....	11
Figura 4. Distribución de áreas. Escala 1:300.....	16
Figura 5. Pan de caja.....	17
Figura 6. Pan bolillo.....	17
Figura 7. Pan baguette.....	17
Figura 8. Pan bollo.....	18
Figura 9. Pan plano.....	18
Figura 10. Cámara de fermentación, vista frontal.....	19
Figura 11. Cámara de fermentación, vista superior.....	19
Figura 12. Área de horneado. Escala 1:150.....	22
Figura 13. Horno de gas 1.....	23
Figura 14. Esquema de la plataforma del horno de gas 1.....	23
Figura 15. Horno de gas 2.....	24
Figura 16. Esquema de la plataforma del horno de gas 2.....	24
Figura 17. Horno de gas 3.....	25
Figura 18. Esquema de la plataforma del horno de gas 3.....	25
Figura 19. Horno de gas 4.....	26
Figura 20. Esquema de la plataforma del horno de gas 4.....	26
Figura 21. Horno eléctrico 1.....	27
Figura 22. Tipos de espigueros usados en el horno eléctrico 1.....	28
Figura 23. Horno eléctrico 2.....	29
Figura 24. Horno eléctrico 3.....	30
Figura 25. Tipos de espigueros usados en el horno eléctrico 3.....	31
Figura 26. Aspecto de la masa al inicio de la fermentación del pan de caja.....	37
Figura 27. Aspecto de la masa al final de la fermentación del pan de caja.....	37
Figura 28. Diagrama de la masa al inicio de la fermentación del pan de caja, visto desde un corte transversal de la charola.....	38



Figura 29. Diagrama de la masa al final de la fermentación del pan de caja, visto desde un corte transversal de la charola.....	38
Figura 30. Espiguero usado para charolas de pan de caja .....	40
Figura 31. Aspecto de la masa al inicio de la fermentación del pan bolillo .....	41
Figura 32. Aspecto de la masa al final de la fermentación del pan bolillo.....	41
Figura 33. Diagrama de la masa al inicio de la fermentación del pan bolillo, visto desde un corte transversal de la charola.....	42
Figura 34. Diagrama de la masa al final de la fermentación del pan bolillo, visto desde un corte transversal de la charola.....	42
Figura 35. Bolillos con corte diagonal.....	44
Figura 36. Aspecto de la masa al inicio de la fermentación del pan baguette.....	45
Figura 37. Aspecto de la masa al final de la fermentación del pan baguette.....	45
Figura 38. Diagrama de la masa al inicio de la fermentación del pan baguette, desde una vista transversal.....	46
Figura 39. Diagrama de la masa al final de la fermentación del pan baguette, desde una vista lateral.....	46
Figura 40. Baguette con cortes diagonales.....	47
Figura 41. Aspecto de la masa al inicio de la fermentación del pan bollo.....	48
Figura 42. Aspecto de la masa al final de la fermentación del pan bollo.....	48
Figura 43. Diagrama de la masa al inicio de la fermentación del pan bollo, desde una vista lateral.....	49
Figura 44. Diagrama de la masa al final de la fermentación del pan bollo, desde una vista lateral.....	49
Figura 45. Bollos cortados en forma de X.....	51
Figura 46. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan de caja en el horno de gas 1.....	52
Figura 47. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan de caja en el horno de gas 2.....	53
Figura 48. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan de caja	

en el horno de gas 3.....	54
Figura 49. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan de caja en el horno de gas 4.....	54
Figura 50. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan de caja en el horno de gas 1.....	55
Figura 51. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan de caja en el horno de gas 2.....	56
Figura 52. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan de caja en el horno de gas 3.....	57
Figura 53. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan de caja en el horno de gas 4.....	57
Figura 54. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bolillo en el horno eléctrico 1.....	59
Figura 55. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bolillo en el horno eléctrico 2.....	60
Figura 56. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bolillo en el horno eléctrico 3.....	60
Figura 57. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bolillo en el horno eléctrico 1.....	61
Figura 58. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bolillo en el horno eléctrico 2.....	62
Figura 59. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bolillo en el horno eléctrico 3.....	62
Figura 60. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan baguette en el horno de gas 1.....	64
Figura 61. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan baguette en el horno de gas 2.....	64
Figura 62. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan baguette en el horno de gas 3.....	65

Figura 63. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan baguette en el horno de gas 1.....	66
Figura 64. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan baguette en el horno de gas 2.....	66
Figura 65. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan baguette en el horno de gas 3.....	67
Figura 66. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bollo en el horno eléctrico 1.....	69
Figura 67. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bollo en el horno eléctrico 2.....	69
Figura 68. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bollo en el horno eléctrico 3.....	70
Figura 69. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bollo en el horno eléctrico 1.....	71
Figura 70. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bollo en el horno eléctrico 2.....	71
Figura 71. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bollo en el horno eléctrico 3.....	72
Figura 72. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan plano en el horno eléctrico 1.....	73
Figura 73. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan plano en el horno eléctrico 2.....	74
Figura 74. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan plano en el horno eléctrico 3.....	74
Figura 75. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan plano en el horno eléctrico 1.....	75
Figura 76. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan plano en el horno eléctrico 2.....	76
Figura 77. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan plano en el horno eléctrico 3.....	76

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo el objetivo de analizar la problemática en el control de las etapas de fermentación y horneado en una microempresa, ya que generaba pérdidas en la calidad final de sus productos. Se realizó un análisis de su proceso, del cual, se detectó que solo tenían una cámara de fermentación para realizar los diversos productos que se preparaban y no existía una planeación en los tiempos de fermentación y horneado, además, no se consideraban las variaciones de temperatura y tiempos de horneado, debida al uso de hornos con diferentes características técnicas y todo esto provocaba la variación de la calidad de los productos, pérdidas de tiempo y por supuesto pérdidas económicas. Para solucionar estos problemas, se propuso estandarizar los tiempos de fermentación y horneado para cada tipo de pan elaborado en la empresa; también se sugirió determinar la variación de tiempos y temperaturas de horneado de acuerdo al tipo de horno que se usaba y por último, se planteó llevar un registro de estas acciones. De la implementación de las propuestas anteriores se obtuvieron los siguientes resultados: se obtuvo un mejor control sobre el proceso de fermentación por medio de registros gráficos, tomando en cuenta el tiempo necesario para alcanzar un volumen óptimo de las masas con respecto a la charola; se realizaron hojas de registro, para controlar la calidad de los panes en el área de horneado, anotando el tiempo y temperatura de horneado para cada tipo de pan. También se logró una planeación de la producción más ordenada, elaborando una tabla de tiempos de producción, donde se puede visualizar el tiempo necesario para producir un lote de pan y así usar más eficientemente los hornos y mantener una producción semicontinua. La elaboración de una tabla de tiempos de producción, fue de gran ayuda para la supervisión del proceso. Además con estos registros se creó una base de datos para detectar posibles variaciones del proceso. Con la implementación de estas mejoras en el área de horneado, se redujeron las pérdidas por defectos en el producto final y se eliminaron los tiempos muertos en el proceso, al mejorar la planeación de la producción.

***Palabras clave:*** calidad, fermentación, horneado, proceso, temperatura, tiempo.

## INTRODUCCIÓN

El trigo es el cereal más utilizado para la elaboración del pan (NMX-F-007-1982), aunque también se puede utilizar el centeno, la cebada, el maíz y el arroz. La harina de trigo es rica en gluten, lo que le permite crear una textura esponjosa (Beranbaum, 2003). Dependiendo del uso final que se quiera dar a la harina: pastas, panadería, repostería (NMX-F-521-1992): se reduce de tamaño a diferente granulometría hasta lograr una harina de un tamaño de partícula adecuado (Nestle, 2006). En el proceso de panificación, el tiempo de fermentación afecta directamente el volumen de la masa; si es muy grande este volumen, el gas rompe la estructura de la masa; si el tiempo de fermentación es corto, la masa no se esponjará en la etapa del horneado, afectando la calidad del producto final (Lepard, 2004); por estas razones, la etapa de fermentación es importante para la calidad final del pan. Otra etapa importante en la elaboración de pan es su cocción u horneado, que se realiza a temperaturas comprendidas entre 190 y 250 °C, dependiendo del tamaño y tipo de horno (Zanobi, 1993). Los hornos utilizados en la industria panificadora pueden ser de gas o eléctricos y tener una diversidad en modelos, diseños y capacidades, aspectos a considerar porque influyen en los tiempos de horneado. Además, la temperatura del horno varía según el peso y la forma de las piezas. La temperatura para cocinar panes pequeños debe ser más elevada que aquella que se requiere para cocinar los panes grandes. Si el horno se encuentra demasiado caliente, las piezas grandes se queman y por el contrario, si el horno se encuentra a una temperatura más baja, las piezas pequeñas tardan en cocinarse y se secan demasiado (Tejero, 2006). Por lo tanto, se deben de tomar en cuenta estas diferencias para ajustar los parámetros de temperatura y tiempo para el horneado del pan.

Las dos etapas explicadas anteriormente, estaban generando problemas en una panificadora, afectando la calidad del producto terminado. Los defectos en la etapa de fermentación eran: escaso volumen del pan (falta de fermentación) y ruptura de la estructura de la masa (sobrefermentación). Mientras que los problemas que se generaban en el horneado eran: panes quemados o panes crudos. Después de un análisis de las condiciones del proceso y el equipo de la panificadora, se hicieron las siguientes observaciones: a) que sólo se tenía una

cámara de fermentación y en ella se metían, juntos, panes de todos los tipos; b) que el personal de producción, tenía problemas para determinar los tiempos de fermentación, porque se basaban en la apreciación del operador, por lo tanto, las observaciones del volumen óptimo de fermentación variaban de obrero a obrero y esto se reflejaba en la calidad del producto final; c) la panificadora contaba con hornos tipo “batch”, con diferentes capacidades, diseño y fuente de energía (eléctricos y gas); d) se trabajaba con diversas masas de panificación al mismo tiempo en una sola línea de producción y no se tomaban en cuenta las diferencias entre los hornos, para la elaboración del pan, lo que provocaba variaciones en su cocido y calidad. Por lo tanto, en el presente trabajo se propuso el uso de parámetros visuales (análisis del volumen) para determinar el estado óptimo de la fermentación de las masas y así evitar las variaciones en la calidad del producto final; además, determinar el tiempo óptimo de horneado para cada pan que se elaboraba en la empresa, considerando las características del horno y del pan que se iba a elaborar. Y con la información anterior, poder realizar la planeación de los tiempos de producción para hacer un proceso semicontinuo, aumentando la eficiencia del proceso.

## **1. ANTECEDENTES**

### **1.1 Características generales del trigo**

El trigo es una planta gramínea de crecimiento anual, de altura promedio de un metro. Sus hojas verdes, parecidas a las de otras gramíneas, brotan muy pronto y van seguidas por tallos muy delgados rematados por espigas de cuyos granos molidos se saca la harina. El trigo, la avena y la cebada tienen prácticas de cultivo semejantes, así como objetivos y usos similares (Kent, 1987).

Los requisitos del clima y suelo que necesita un cultivo de trigo no son estrictos, se siembra en condiciones diversas pero principalmente se buscan zonas templadas. La temperatura adecuada para cultivarlo varía entre 15 y 31°C. La temperatura óptima depende de la etapa de desarrollo, de la variedad y del tipo de plantas. Sin embargo, para obtener una buena cosecha, es necesario que la condición física del suelo tenga las siguientes características (Ruiz, 1981):

- ✓ Una estructura granular, que permita la aireación y el movimiento del agua.
- ✓ Un perfil de tierra cultivable de hasta unos 30 cm, para un enraizamiento adecuado.
- ✓ Que no sea susceptible a la formación de costras que dificulten la germinación.
- ✓ La acidez determina la variedad de trigo a cultivar.
- ✓ La salinidad en exceso, disminuye o impide la germinación del grano y afecta su productividad.
- ✓ La fertilidad permite orientar la variedad del grano y afecta el rendimiento y calidad del trigo.

#### **1.1.1 Morfología de la planta de trigo**

Las principales características de la planta del trigo se muestran en la figura 1 y se describen a continuación (Infoagro, 2010).

1. La altura que varía entre los 30 y 180 cm.
2. El tallo es recto y cilíndrico y tiene nudos.
3. El nudo es sólido. La mayoría de los trigos tienen seis nudos.

4. La hoja es lanceolada, con un ancho de 0.5 a 1 cm y una longitud de 15 a 25 cm. cada planta tiene de cuatro a seis hojas.
5. La lígula es de longitud media.
6. La aurícula es despuntada y tiene pelos.
7. En la plántula las hojas se despliegan al nacer, girando en el sentido de las manecillas del reloj. Esta es también una característica en la identificación de las plántulas.
8. Amacollamiento. Esta es otra característica en los cereales. Las plántulas producen macollos de número variable, generalmente de dos a siete.

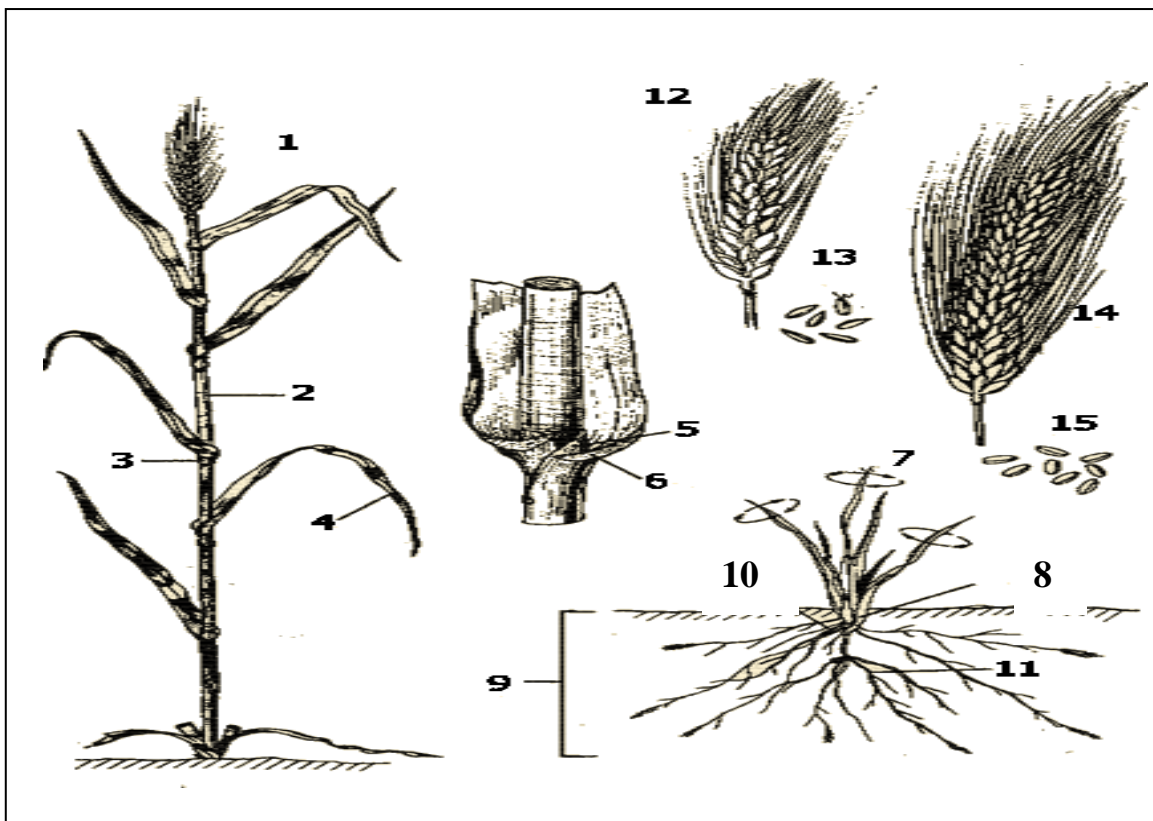


Figura 1. Planta de trigo y sus partes

Fuente: Infoagro, 2010

9. Las raíces del trigo son semejantes a la de la cebada y la avena.
10. Las raíces permanentes o secundarias nacen en el primer nudo.



11. Raíces que nacen a partir de la semilla. Normalmente existen cinco raíces seminales, una radical o primaria y cuatro laterales, que funcionan durante toda la vida de la planta.
12. La espiga del trigo (*Triticum durum*), es densa y corta. Consiste en una infinidad de espiguillas que terminan en una arista o barba.
13. Los granos del trigo (*Triticum durum*), son generalmente alargados, puntiagudos, durísimos y de color ámbar rojizo.
14. Espiga del trigo (*Triticum aestivum*).
15. Los granos del trigo (*Triticum aestivum*), pueden ser blandos o duros.

### **1.1.2 Estructura del grano**

Los granos de trigo son ovalados, redondeados en ambos extremos. El germen se encuentra en un extremo, mientras que en el otro hay un grupo de finas vellosidades; a lo largo de la cavidad del grano existe un repliegue o surco llamado aleurona y varias capas envolventes, existiendo en el fondo una zona pigmentada. En general el grano de trigo está compuesto por endospermo, salvado o afrecho y germen (Kent, 1987).

### **1.1.3 Variedades**

#### ***1.1.3.1 Según la cosecha***

Se conoce como trigo de otoño-invierno (O-I) aquel grano sembrado que germina en otoño e invierno y crece lentamente hasta cosecharse en la primavera. El trigo de primavera-verano (P-V) es el grano que fue sembrado en primavera, germina mucho más rápido y se cosecha en el verano. Desde luego esta referencia puede depender de la ubicación de cada país y de sus condiciones climáticas particulares, ya que hay naciones en las que se puede cultivar trigo en diversos meses del año (Kent, 1987).

#### ***1.1.3.2 Según el grano***

Existen diferentes tipos y variedades de trigos. Cada país establece sus propios sistemas de clasificación. Las principales diferencias entre granos de trigo son dadas por su dureza:

- Muy duros (durum).
- Duros (hard).
- Suaves o blandos (soft).

También tenemos dentro de estos grupos los definidos por color:

- Ambarinos.
- Rojos.
- Blancos.

Los trigos muy duros crecen en climas muy cálidos y secos, y aun cuando absorben más agua, en su comercialización tienen menos humedad. Los trigos duros también crecen en climas muy cálidos y secos (temporal), aunque menos extremos que los anteriores.

Los trigos suaves crecen en climas más templados donde hay presencia de más agua, aunque absorben menos cantidades. Generalmente en su comercialización aparecen con un contenido mayor de agua que los duros (Potter, 1995).

### ***1.1.3.3 Según la textura del endospermo***

Esta característica del grano está relacionada con la forma de fraccionarse el grano en la molturación; el carácter vítreo-harinoso se puede modificar con las condiciones de cultivo. El desarrollo de la cualidad harinosa, parece estar relacionado con la maduración (Forero, 2000).

#### ***a) Harinoso***

La textura del endospermo es harinosa (feculenta, yesosa). El carácter harinoso es hereditario y afectado por las condiciones ambientales. El carácter harinoso se favorece con las lluvias fuertes, suelos arenosos ligeros y plantación muy densa y depende más de estas condiciones que del tipo de grano cultivado. La opacidad de los granos harinosos es un efecto óptico debido a la presencia de diminutas vacuolas o fisuras llenas de aire, entre y quizás dentro de las células del endospermo. Las fisuras forman superficies reflectantes interiores que impiden la transmisión de la luz y dan al endospermo una apariencia blanca. Los granos harinosos son característicos de variedades que crecen lentamente y tienen un período de maduración largo.

### ***b) Vítreo***

La textura del endospermo puede ser vítrea (acerada, pétrea, cristalina, córnea). El carácter vítreo es hereditario, pero también es afectado por las condiciones ambientales. El carácter vítreo se puede inducir con el abono nitrogenado o con fertilizantes y se correlaciona positivamente con alto contenido de fibra. Los granos son traslúcidos y aparecen brillantes contra la luz intensa. Los granos a veces, adquieren aspecto harinoso a consecuencia de algunos tratamientos, por ejemplo por humedecer y secarlos repetidamente o por tratamiento con calor.

Los tipos de trigo que sirven para la molienda deben clasificarse para adecuarlos a su diferente uso. La norma NMX-FF-036-1996-SCFI establece que existen dos clases de trigos: los panificables que corresponden a la especie *Triticum aestivum* L. y que comprenden grupos 1, 2, 3 y 4, y los trigos no panificables que corresponden al *Triticum durum*, comprendiendo el grupo 5.

El trigo panificable es el que se utiliza en la elaboración de harinas para pan, galletas, tortillas y otros, el cual se clasifica en cuatro grupos de acuerdo a las características de calidad del gluten.

#### ***1.1.3.4 Clasificación de trigos según su fuerza***

##### ***a) Trigos fuertes***

Los trigos que tienen la facultad de producir harina para panificación con piezas de gran volumen, buena textura de la miga y buenas propiedades de conservación, tienen por lo general alto contenido de proteína. La harina de trigo fuerte admite una proporción de harina suave, así la pieza mantiene su gran volumen y buena estructura de la miga aunque lleve cierta proporción de harina suave; también es capaz de absorber y retener una gran cantidad de agua.

### ***b) Trigos suaves***

Con estos trigos solamente se pueden obtener panes pequeños con miga gruesa y abierta, que se caracterizan por su bajo contenido en proteína. La harina de trigo suave es ideal para galletas y pastelería, aunque es inadecuada para panificación a menos que se mezcle con harina más fuerte (Stenvert y Kingswood, 1977).

En la tabla 1 se muestran las características de funcionalidad de los trigos fuerte, medio-fuerte, suave. y su aplicación en la industria panificadora.

Tabla 1. Clasificación de los trigos con base en la funcionalidad del gluten

Grupo	Denominación	Características
I	Fuerte	Gluten fuerte y elástico apto para la industria mecanizada de panificación. Usados para mejorar la calidad de trigos débiles.
II	Medio-Fuerte	Gluten medio-fuerte apto para la industria artesanal de panificación.
III	Suave	Gluten débil o suave pero extensible apto para la industria galletera. Usado para mejorar las propiedades de trigos tenaces.

Fuente: NMX-F-007-1982

## **1.2 Orígenes del pan**

El pan ha sido un alimento importante de la humanidad desde la prehistoria. Algunos autores se imaginan que al principio el pan podría haber sido una masa de granos semi-molidos y ligeramente humedecidos, que podría haberse cocido al sol sobre una piedra caliente o simplemente haberse dejado abandonado junto a un fuego o fuente de calor diversa. La evolución histórica del pan se fundamenta en tres vías posibles: por un lado la mejora y evolución en los elementos mecánicos que pulverizan los granos (los molinos), por otro, la mejora en las levaduras y finalmente la evolución de los hornos y los elementos que proporcionan calor (Dupaigne, 1999).

### **1.3 Descripción del proceso general de elaboración de pan**

La harina es el principal ingrediente del pan, consta básicamente de un cereal o una mezcla de ellos, que ha sido molido finamente hasta llegar a una textura en forma de polvo, por regla general es sólo el endosperma del cereal. Dependiendo del uso final que se quiera dar a la harina: pastas, panadería, repostería, se suele moler con mayor o menor intensidad hasta lograr un polvo de una fineza extrema (Nestle, 2006).

En la figura 2, se muestra el diagrama de bloques de elaboración de pan. A continuación se presentan las principales etapas del proceso de elaboración de pan de acuerdo a Cauvain y Young (2007).

**AMASADO:** El objetivo es lograr la mezcla de los ingredientes, y conseguir por medio del trabajo físico, las características plásticas de la masa, así como su perfecta oxigenación.

**DIVISIÓN Y PESADO:** El objetivo es dar a las piezas el peso justo. Si se trata de piezas grandes se suele pesar a mano. Si se trata de piezas pequeñas se puede utilizar una división hidráulica.

**BOLEADO:** Consiste en dar forma de bola al fragmento de la masa y su objetivo es reconstruir la estructura de la masa tras la división. Puede realizarse a mano, para una baja producción o si el tipo de pan lo requiere. O puede realizarse mecánicamente por boleadoras de trancado giratorio.

**REPOSO:** Su objetivo es dejar descansar la masa para que se recupere de la desgasificación sufrida durante la división y boleado. Esta etapa puede ser llevada a cabo a temperatura ambiente.

**\*Punto de control:** Riesgo por contaminación física, por material extraño y contaminación biológica, por microorganismos patógenos, pero en una etapa posterior se elimina el peligro. **Control:** Limpieza y sanitización de superficies de contacto y personal.

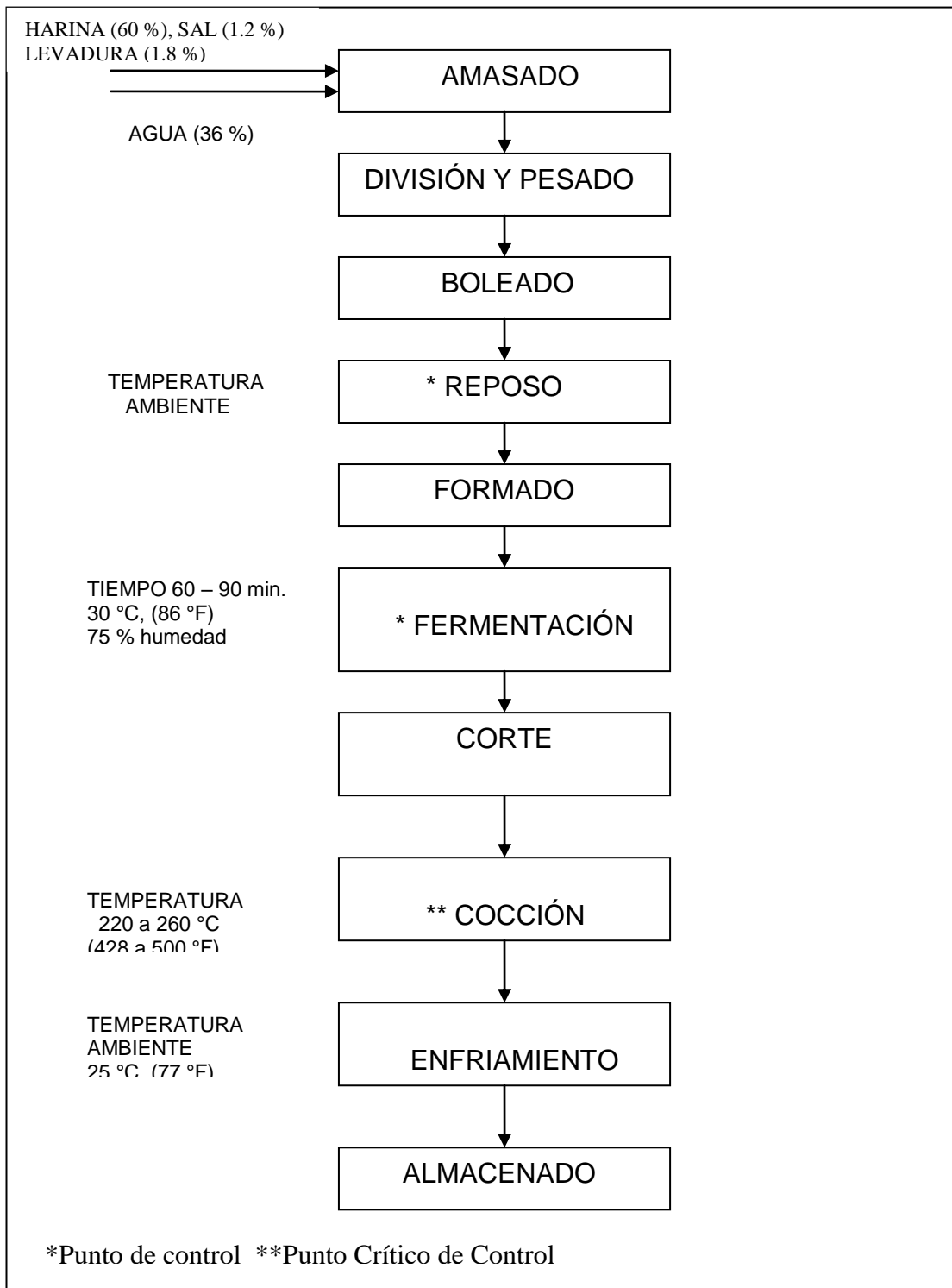


Figura 2. Diagrama de bloques de elaboración de pan

Fuente: Cauvain y Young (2007)

**FORMADO:** Su objetivo es dar la forma correspondiente a cada tipo de pan. Si la pieza es redonda, el boleado proporciona dicha forma. Si la pieza es grande tiene un formato y puede realizarse a mano, si se trata de barras que a menudo es un 85 % de la producción de una panadería, se realiza por medio de máquinas formadoras de barras.

**FERMENTACIÓN:** Consiste básicamente en una fermentación alcohólica llevado a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO<sub>2</sub> y algunos productos secundarios, para que al ser retenido por la masa esta se esponje y mejore el sabor del pan, como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina. Las cámaras de fermentación normalmente se usan a 30 °C, (86 °F) y 75 % de humedad durante 60 a 90 minutos, aunque los parámetros pueden variar según las necesidades del panadero.

\*Punto de control: Riesgo por generación de microorganismos patógenos en el interior de la cámara de fermentación pero en una etapa posterior se elimina el peligro.

Control: concentración mínima de cloro en el agua potable, para la inyección de vapor (0.2-1.5 p.p.m. cloro residual libre) (NOM-127-SSA1-1994).

**CORTE:** Operación intermedia que se hace después de la fermentación, justo en el momento que el pan va a ser introducido en el horno. Consiste en practicar pequeñas incisiones en la superficie de las piezas durante la cocción para eliminar el exceso de gas carbónico.

**COCCIÓN:** Su objetivo es la transformación de la masa fermentada en pan, lo que provoca, es la evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de parte de agua contenida en el pan, coagulación de las proteínas, gelatinización del almidón y su transformación parcial en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza. La cocción se realiza en hornos a temperaturas que van desde los 220 °C, (428 °F) a los 260 °C, (500 °F), aunque el interior de la masa nunca llega a rebasar los 100 °C, (212 °F).

\*\*Punto Crítico de Control: Riesgo por contaminación biológica de microorganismos patógenos y en ninguna etapa posterior se elimina el peligro.

Control: Temperaturas de cocción en el interior de la masa para garantizar un producto libre de microorganismos patógenos.

ENFRIAMIENTO: Tras el horneado se deja reposar el pan hasta que alcance la temperatura ambiente. Durante el enfriamiento la humedad interior de la miga sale al exterior a través de la corteza, el desecado interior va dando firmeza al almidón.

ALMACENADO: El producto es rebanado, embolsado y llevado a un almacén donde es guardado en estantes, para después ser distribuido.

### **1.3.1 Descripción del proceso de elaboración de pan en la panificadora donde se realizó este trabajo**

Se describe en la figura 3 el diagrama de bloques de las etapas de elaboración de pan en la panificadora donde se realizó el presente trabajo.

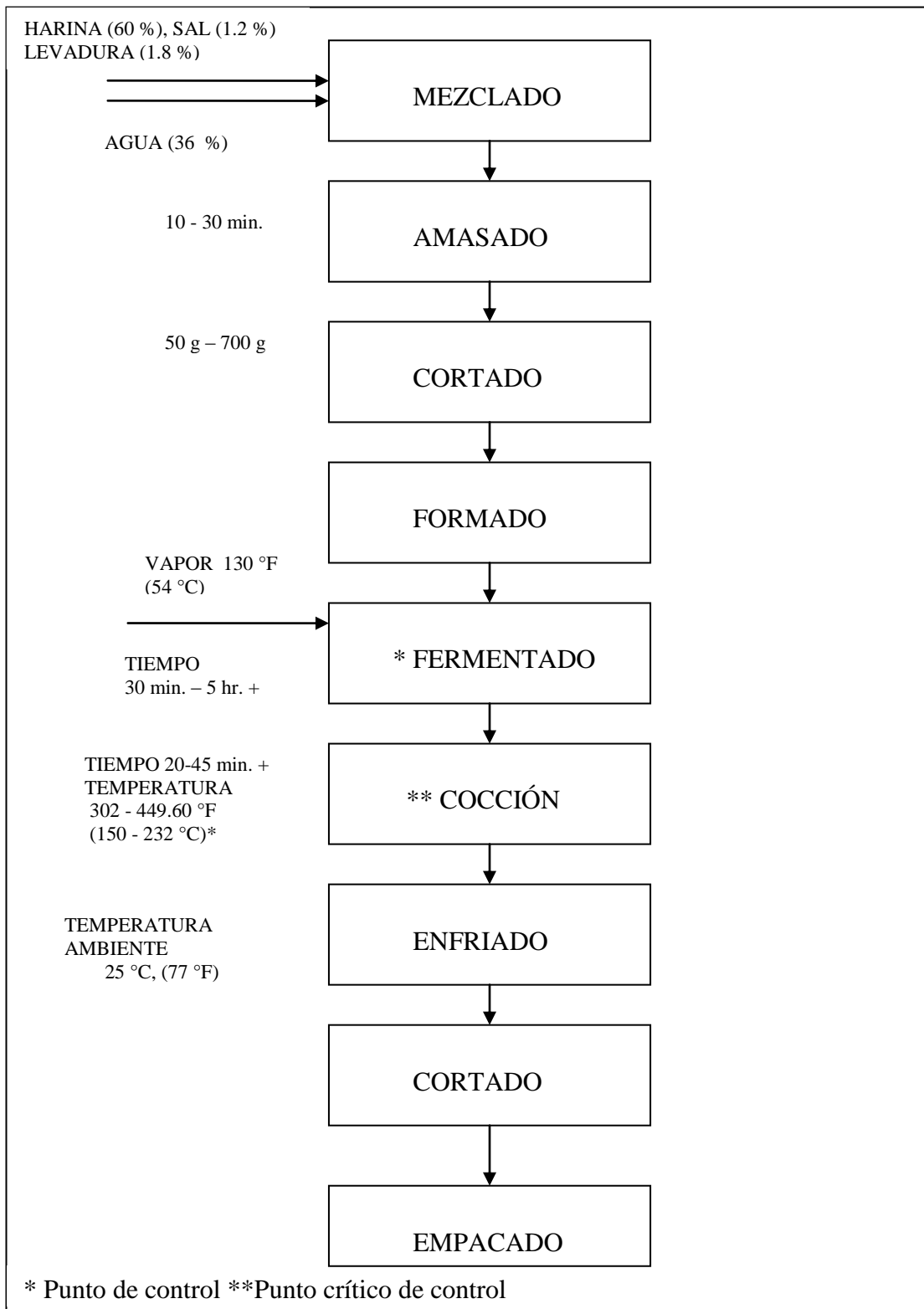
MEZCLADO: En esta etapa del proceso se pesan y se mezclan los ingredientes, además, se hidratan los ingredientes secos (harina, levadura, sal, azúcar, etc.).

AMASADO: Después de mezclar los ingredientes, se amasa un tiempo determinado, dependiendo del tipo de pan, que va de 10 a 30 min. para que se desarrollen las características de la masa.

CORTADO: Después de amasar, la masa se corta con un cuchillo y se pasa manualmente a una máquina que está ajustada para cortarla en bolitas de cierto peso que va desde 50 g hasta 700 g dependiendo del tipo de pan, automáticamente pasa a una banda transportadora.

FORMADO: En la banda transportadora, hay personal en ambos lados, que toman las porciones de masa para darle una forma determinada según el pan que se desee fabricar. Después de formarlo se deposita en charolas engrasadas, que se apilan en los espigueros.





NOTA. +Las temperaturas y tiempos dependen del tipo de pan a elaborar.

Figura 3. Diagrama de bloques de elaboración de pan en la panificadora.

**FERMENTADO:** Los espigueros son anaqueles con ruedas donde se ponen las charolas con el pan, estos son introducidos en una cámara de fermentación que mantiene una temperatura de 130 °F, (54.44 °C), por medio de inyección de vapor. La cámara de fermentación tiene una capacidad para 40 espigueros de tamaño mediano. Los espigueros se mantienen en esta cámara desde 30 minutos a cinco horas, dependiendo del tipo de masa, hay variaciones de percepción del volumen de la masa, dependiendo del personal del turno.

**\*Punto de control:** Peligro por desarrollo de microorganismos patógenos en el interior de la cámara de fermentación. Controlar la concentración mínima de cloro en el agua potable, para la inyección de vapor en el interior de la cámara de fermentación. (0.2-1.5 p.p.m. cloro residual libre). NOM-127-SSA1-1994.

**COCCIÓN:** Dentro de la cámara de fermentación, los espigueros son vigilados por el personal del área de horneado quienes deciden cuando están listos para sacarlos de la cámara de fermentación, basándose en la experiencia empírica de cada persona. El horneado se realiza en hornos de gas o eléctricos, las temperaturas de horneado van desde 150 a 232 °C, (302 a 449.60 °F).

**\*\*Punto crítico de control:** Riesgo por contaminación biológica de microorganismos patógenos y en ninguna etapa posterior se elimina el peligro. Controlar las temperaturas de cocción, garantizan un producto libre de microorganismos patógenos.

**ENFRIADO:** Los espigueros ya horneados, se pasan a un área donde se enfrían a temperatura ambiente 25 °C, (77 °F).

**CORTADO:** Los espigueros ya fríos pasan al área de empaquetado, donde el personal de esta área toma las charolas y las hacen pasar por máquinas cortadoras de pan.

**EMPACADO:** El pan cortado es empaquetado manualmente por el personal, una vez empaquetado se acomoda en charolas que después se apilan en espigueros especiales de producto terminado. Estos espigueros son almacenados en una cámara de refrigeración a una temperatura de 4 °C, (39.20 °F) o son embarcados directamente en camiones.

## **1.4 Importancia de la fermentación y horneado en el proceso de panificación**

### **1.4.1 Etapa de fermentación**

La adición de la levadura provoca la fermentación de la masa antes del horneado, y como consecuencia le proporciona un volumen y una esponjosidad debido a la producción de pequeñas burbujas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que se quedan inmersas entre la masa húmeda de la harina. La fermentación del pan ocurre en diversas etapas. La denominada “fermentación” empieza a ocurrir justamente tras el amasado y se suele dejar la masa en forma de bola metida en un recipiente para que “repose” a una temperatura adecuada. Durante esta espera, la masa suele adquirir mayor tamaño, debido a que la levadura libera dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) durante su etapa de metabolismo: se dice en este caso que, la masa fermenta. La masa parece que se va “inflando” a medida que avanza el tiempo de “reposo”. La temperatura gobierna este proceso de fermentación, generalmente a mayor temperatura menor tiempo de reposo. El final de la fermentación lo indica el volumen de la masa “hinchada” (se menciona que debe duplicar el volumen), la red de gluten se estira hasta llegar a un límite que no puede sobrepasar (Hensperger, 2002). Es importante señalar que, esta etapa del proceso es muy importante para obtener un producto de calidad.

### **1.4.2 Etapa de horneado**

La cocción estándar del pan, se realiza a temperaturas comprendidas entre 190 y 250 °C, dependiendo de su tamaño y del tipo de horno. La duración del horneado puede oscilar entre los 12 y 16 minutos para los panes pequeños, alcanzando más de una hora para las piezas más grandes. La medida exacta se encuentra siempre en la experiencia de cada panadero.

Las diferencias de temperatura entre la miga interior y la corteza pueden alcanzar los 100 °C, por lo que conviene asegurarse que el interior alcanza esta temperatura para poder garantizar la eliminación de posibles organismos patógenos que hayan quedado en la masa (Zanobi y Peri, 1993).

En el horneado la temperatura aumenta progresivamente desde el exterior al interior. El color oscuro de la corteza, se debe a la reacción de Maillard (Baker, 1939). En esta etapa del proceso, también se tenían problemas en la panificadora, que provocaban variaciones importantes en el producto final.

### **1.5 Descripción de la infraestructura de la panificadora**

La descripción del área de trabajo era importante para conocer como se manejaban los materiales en el proceso productivo y su flujo, para así poder localizar las áreas de fermentación y horneado, donde se realizaron el control de condiciones del proceso. A continuación se describe de forma breve el área de proceso. En el área de amasado, se cuenta con una amasadora, que alimenta a cuatro líneas de formado de pan, el personal de esta área acomoda las charolas de pan, en espigueros; solo se cuenta con una cámara de fermentación, el personal va llenando la cámara con espigueros de diferentes tipos de pan, y cada tipo de pan cuenta con diferentes tiempos de fermentación. Se puede observar la localización y el tamaño de los hornos utilizados (figura 4). Después de hornear el pan, se enfría a temperatura ambiente en un área común del proceso.

A continuación se describen las áreas de producción de la empresa (figura 4), esto es de utilidad para conocer el flujo de materiales en el área de proceso y ubicar el área de fermentación y horneado.

-AM - 01: Almacén de materias primas. Se reciben y almacenan las materias primas e insumos, como son azúcar, saborizantes, colorantes, levaduras, etcétera. Se almacenan, para luego ser usadas en el área de amasado.

-OF - 01, 02: Área de oficinas. La recepción para el personal administrativo, junto al área de recepción, se encuentra la entrada que usa el personal para ingresar hacia el área de producción. En el pasillo de acceso hacia el área de producción se encuentran los lockers del personal de producción.

- CA - 01: Cámara de refrigeración 1. Se refrigeran las masas sin cocer.

-ÁR - 01: Área de amasado. Se pesan, mezclan y amasan los ingredientes en el recipiente de la amasadora, en la misma línea se encuentran cuatro máquinas cortadoras de masa con sus respectivas bandas transportadoras, aquí las masas son cortadas y pasadas por una banda transportadora, donde el personal forma el pan.

-CE - 01: Cámara de fermentación. Son introducidos los espigueros con los diferentes tipos de masas. El tiempo de fermentación depende del tipo de masa a producir.

-ÁO - 01: Área de horneado. El personal toma los espigueros de la cámara de fermentación, para después hornearlos en los diferentes tipos de hornos.

-AN - 01: Área de enfriado. Las masas ya horneadas se dejan reposar en un área donde se enfrían a temperatura ambiente.

- CÁ - 02: Cámara de refrigeración 2. Se refrigera el producto terminado.

-ÁD - 01: Área de cortado y empaçado. El personal, corta el pan en máquinas automáticas y lo empacan de forma manual.

-ÁF - 01: Área de embarque. El producto final es transportado por camiones para distribuirlos.

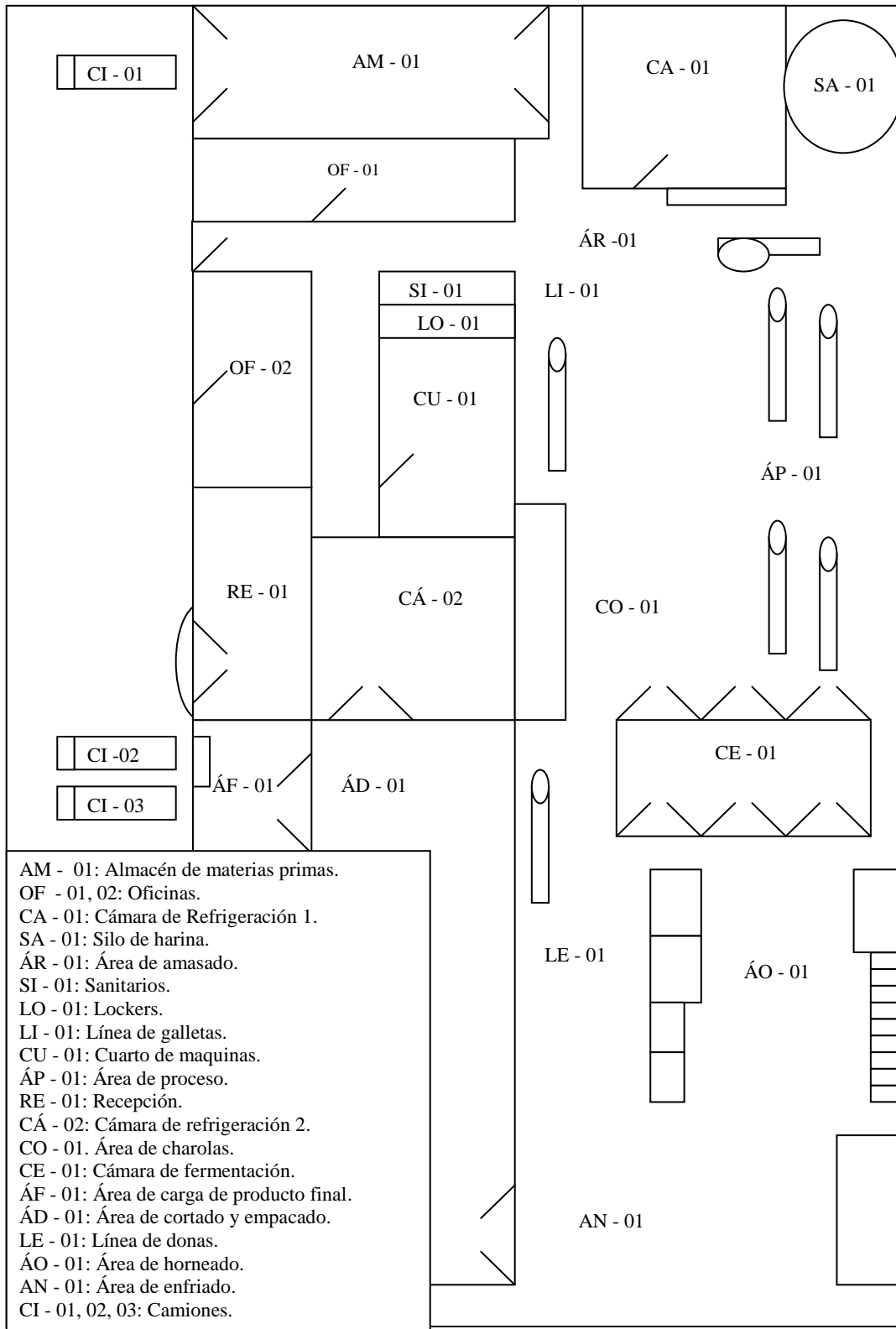


Figura 4. Distribución de áreas. Escala 1:300

## 1.6 Definición de productos elaborados en la planta

### a) PAN DE CAJA.

Es el producto elaborado con harina, en cualquiera de sus tipos, azúcar, agua potable, sal yodatada, adicionada o no de grasas y/o aceites comestibles, con ó sin levadura o leudante químico, ingredientes opcionales y aditivos alimentarios permitidos por la NMX-F-521-1992, y con cuyos ingredientes se elabora un batido con una viscosidad tal que únicamente permite hornearse en molde.



Figura 5. Pan de caja

### b) BOLILLOS

Pan Blanco, Bolillo y Telera. Son productos alimenticios cocidos por horneado de la masa fermentada, elaborada con harina de trigo, agua potable, sal yodatada, azúcar, levadura, ingredientes opcionales y aditivos alimentarios permitidos por la NMX-F-521-1992.



Figura 6. Pan bolillo

### c) BAGUETTE

Pan Blanco, Bolillo y Telera. Son productos alimenticios cocidos por horneado de la masa fermentada, elaborada con harina de trigo, agua potable, sal yodatada, azúcar, levadura, ingredientes opcionales y aditivos alimentarios permitidos por la NMX-F-521-1992.



Figura 7. Pan baguette

#### d) BOLLLOS

Productos de Bollería. Son los productos cocidos por horneado de la masa fermentada, preparados con harina de trigo, agua potable, sal yodatada, azúcares, grasas comestibles, levadura, ingredientes y aditivos alimentarios opcionales permitidos por la NMX-F-521-1992.



Figura 8. Pan bollo

#### e) PAN PLANO

Es el producto elaborado con harina en cualquiera de sus tipos, azúcar, agua potable, sal yodatada, adicionada o no de grasas y/o aceites comestibles, con ó sin levadura o leudante químico, ingredientes opcionales y aditivos alimentarios permitidos por la NMX-F-521-1992.



Figura 9. Pan plano

### **1.7 Descripción de los equipos de fermentación y horneado en planta**

#### ***1.7.1 Descripción del área de fermentación***

La cámara de fermentación (figuras 10 y 11) utiliza inyección de vapor de agua, para aumentar y conservar la temperatura en el interior. Cuenta con seis puertas, tres se ubican en el área de formado de masa. Los espigueros son introducidos manualmente por el personal del área de formado. El acomodo de los espigueros en el interior es variable, pueden estar intercalados los diferentes tipos de pan y la capacidad de la cámara de fermentación es de 30 espigueros.



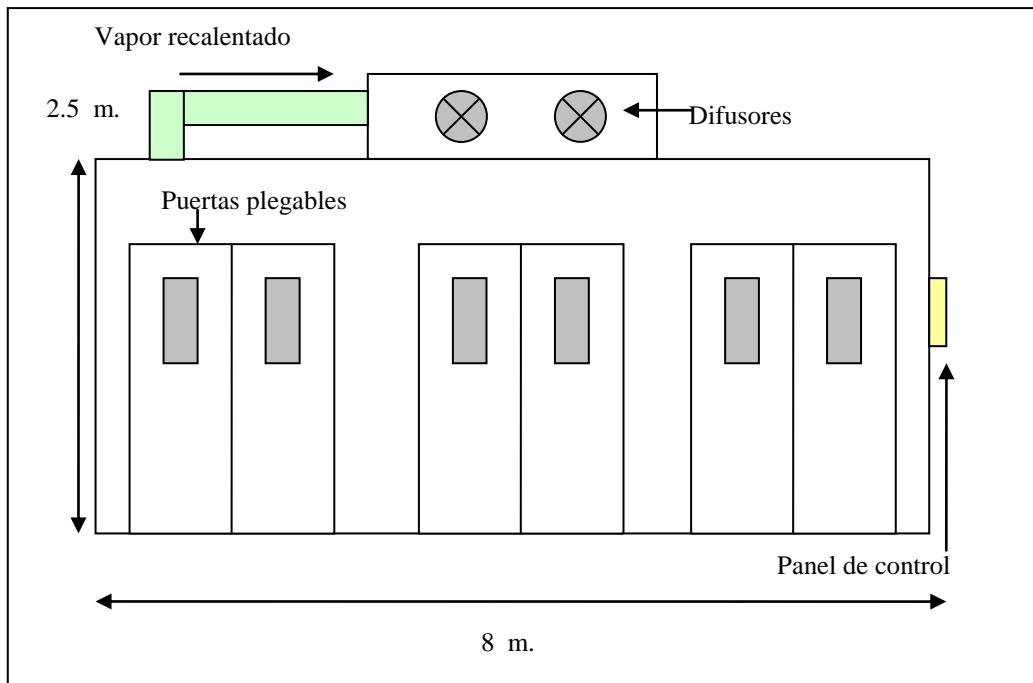


Figura 10. Cámara de fermentación, vista frontal

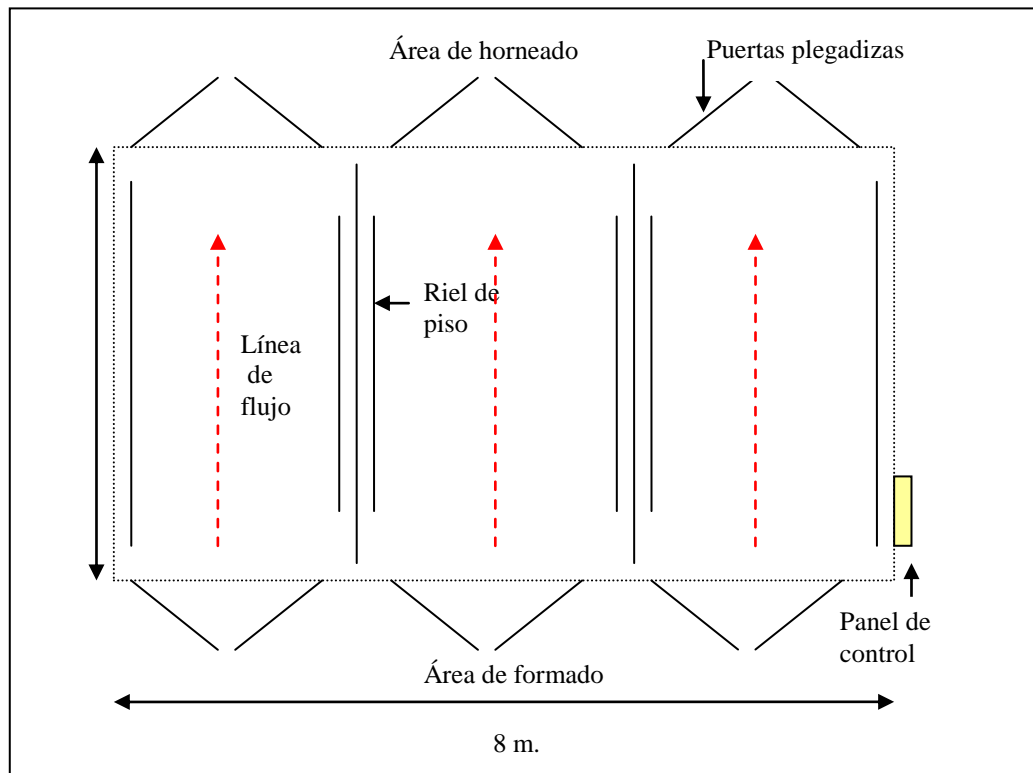


Figura 11. Cámara de fermentación, vista superior

En el extremo de la cámara, se encuentran las puertas de salida. El personal del área de horneado tiene la responsabilidad de vigilar el tiempo de fermentación de cada espiguero y transcurrido el tiempo de fermentación deben seleccionar los espigueros que cumplan las características de cada producto, para proceder a sacarlos de la cámara de fermentación y hornearlos.

### ***1.7.2 Descripción del área de horneado***

La descripción del área de horneado es importante, ya que se tiene un registro para realizar los movimientos de los espigueros en esta área. En la figura 12, se muestra la localización de la cámara de fermentación, donde el personal del área, está constantemente vigilando el estado de fermentación de la masa que está en su interior. Se cuenta con hornos eléctricos y de gas en esta área. En la parte derecha se puede ver el primer horno de gas (HG-1), con capacidad para 192 masas, enseguida se localizan dos hornos eléctricos (HE-2) con capacidad para 64 masas, y cinco hornos eléctricos (HE-3) con capacidad para 76 masas, al extremo de la parte derecha se observa un horno de gas (HG-4) con capacidad para 384 masas.

En el lado izquierdo del diagrama se observa un pasillo de paso y el horno de gas (HG-2 y HG-3) de capacidad 100 y 80 masas respectivamente; enseguida se encuentran dos hornos eléctricos (HE-1), con capacidad de 192 masas. Al final del área de horneado se van acomodando los espigueros horneados, para que se enfríen a temperatura ambiente. Ya después de ser enfriados, el personal del área de empacado toma los espigueros y los transportan a la siguiente etapa del proceso.

#### **1.7.2.1 Diferencias en los tipos de hornos**

En la tabla 2 se muestran las diferencias entre los hornos eléctricos y hornos de gas. La energía del horno eléctrico es obtenida por medio de resistencias eléctricas, de esta forma logra calentar el aire en el interior del horno, la regulación de la temperatura se hace por medio de sensores que regulan el flujo y la intensidad de energía eléctrica en las resistencias. Las temperaturas seleccionadas son mas precisas y requieren menos tiempo para alcanzarlas.

El horno de gas por su parte funciona por la combustión de gas L.P. generando de esta forma energía calorífica, la forma de regular la temperatura es por medio de un termostato mecánico, que regula el flujo de gas L.P. en los quemadores. Requieren más tiempo para alcanzar la temperatura seleccionada.

Tabla 2. Diferencias entre hornos eléctricos y hornos de gas

Horno eléctrico	Resistencias eléctricas
	Regulación de la temperatura lo hace por medio de sensores que regulan el flujo y la intensidad de energía
Horno de gas	Combustión de gas L.P
	La forma de regular la temperatura, es por medio de un termostato mecánico, que regula el flujo de gas L.P. en los quemadores.

El tamaño en el horno es una variable importante por que entre mayor tamaño, el horno produce mayor potencia y capacidad calorífica. Esta potencia es regulada por termostatos mecánicos. Un horno de gas tarda mas tiempo en alcanzar la temperatura adecuada, ya que tienen un mayor volumen de aire interior, que un horno eléctrico; pero esto se compensa ya que el horno de gas puede hornear un lote más grande de pan que un horno eléctrico.

El diseño interno de las plataformas de los hornos, varía según el fabricante, este diseño puede afectar la transferencia de calor. La transferencia de calor por conducción desde el quemador a la plataforma y de la plataforma a las charolas del pan, esto afecta los tiempos de horneado. El tipo de geometría usada en el diseño de la plataforma es tomado en consideración, ya que hace variar la forma en que se disipa el calor en el interior del horno, modificando el coeficiente convectivo de transferencia de calor.

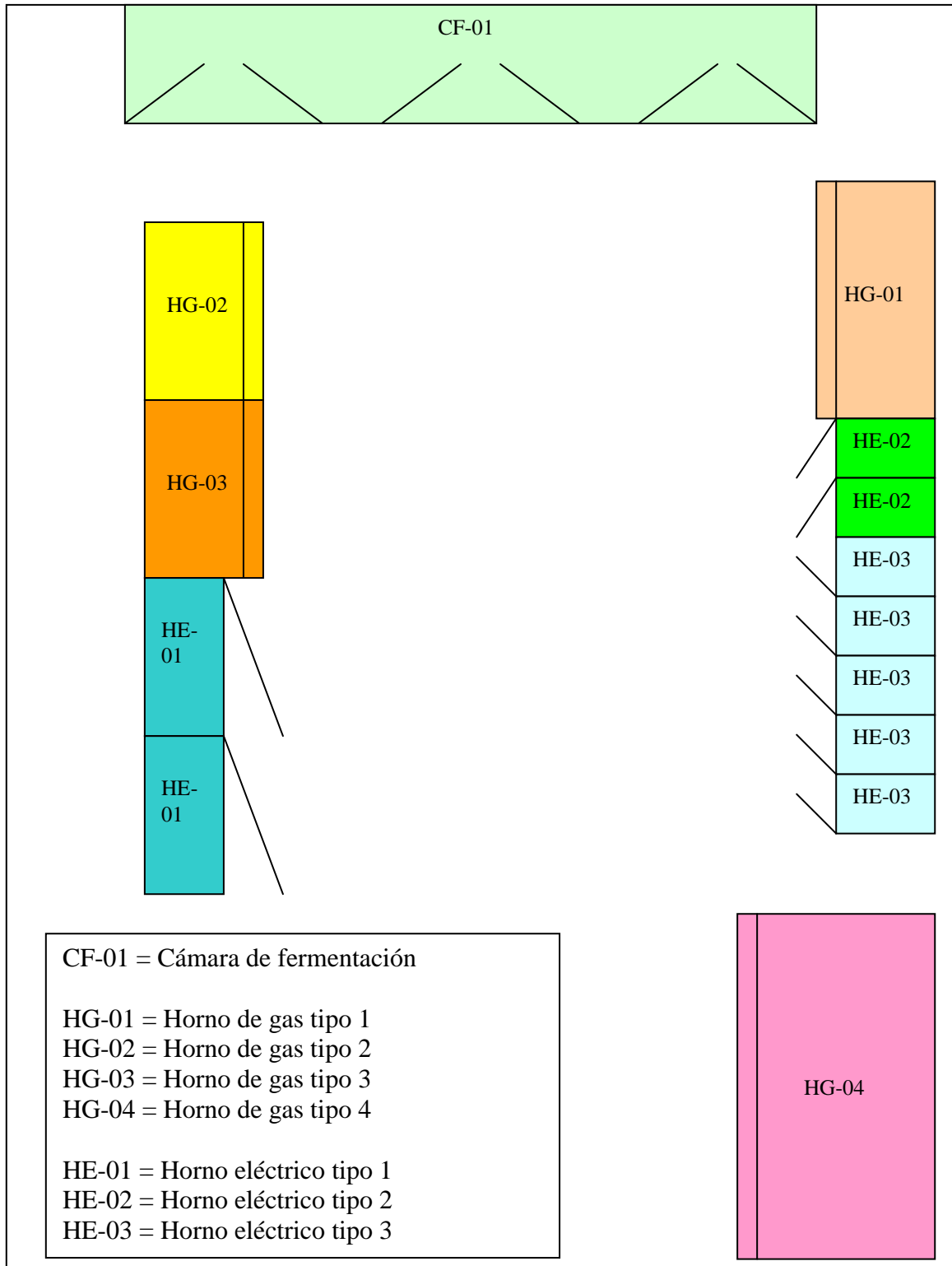


Figura 12. Área de horneado. Escala 1:150

## 1.8 Descripción de hornos

A continuación se describen los hornos usados en la panificadora (hornos de gas y hornos eléctricos), para poder comprender las causas de las variaciones en los tiempos de horneado y temperatura, para hornear una misma masa.

### 1.8.1 Descripción de hornos de gas

#### 1.1 Horno de gas 1

Especificaciones para el horno de gas 1 (figura 13).

-Horno de gas, mecánico.- Número de plataformas: 8.- Capacidad: 192 panes por lote.

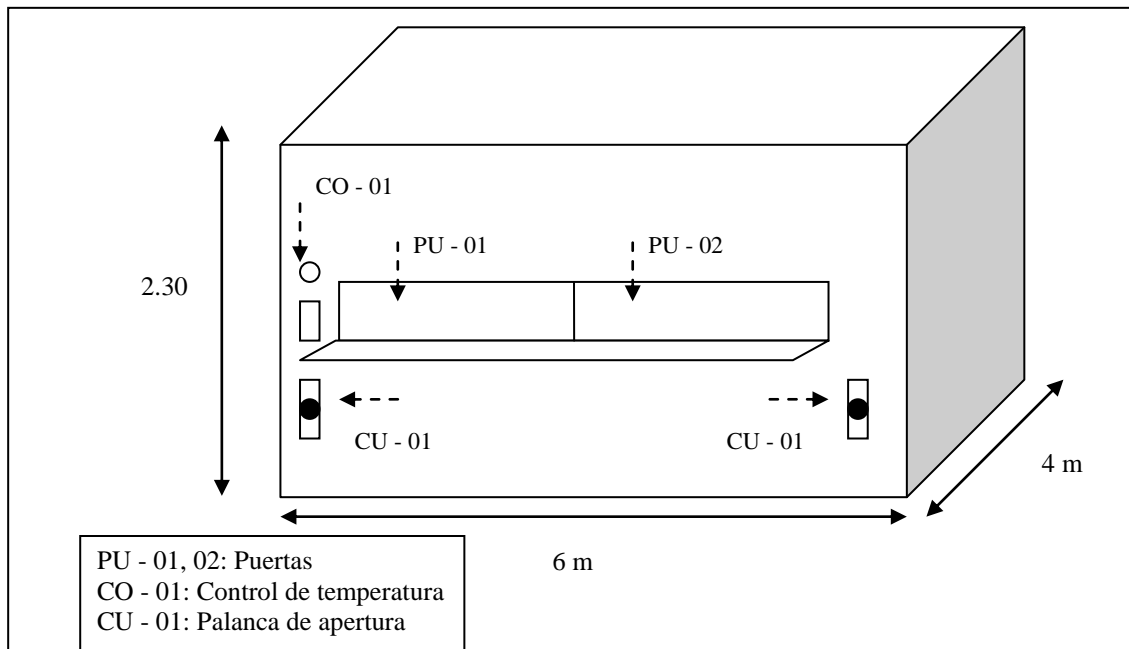


Figura 13. Horno de gas 1

El interior del horno cuenta con plataformas giratorias donde se acomodan las charolas. El diseño de la plataforma para este horno, es con pequeños orificios (figura 14).

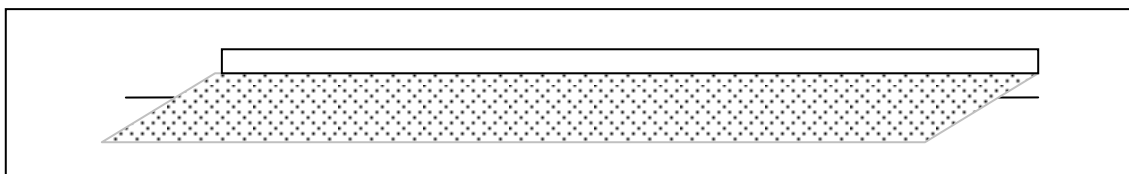


Figura 14. Esquema de la plataforma del horno de gas 1

## 1.2 Horno de gas 2

Especificaciones para el horno de gas 2 (figura 15).

- Horno de gas, mecánico.- Número de plataformas: 5.- Capacidad: 100 panes por lote.

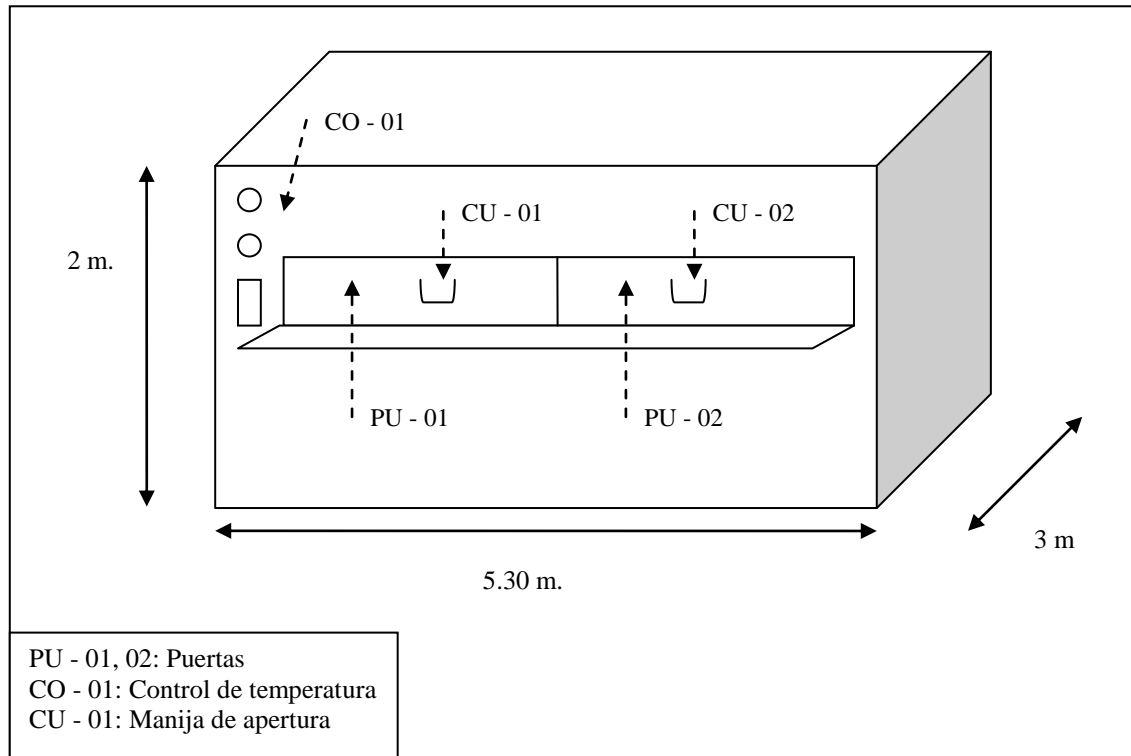


Figura 15. Horno de gas 2

El diseño de esta plataforma es más sencillo, ya que para sostener las charolas dentro del horno se usa una reja de acero (Figura 16).

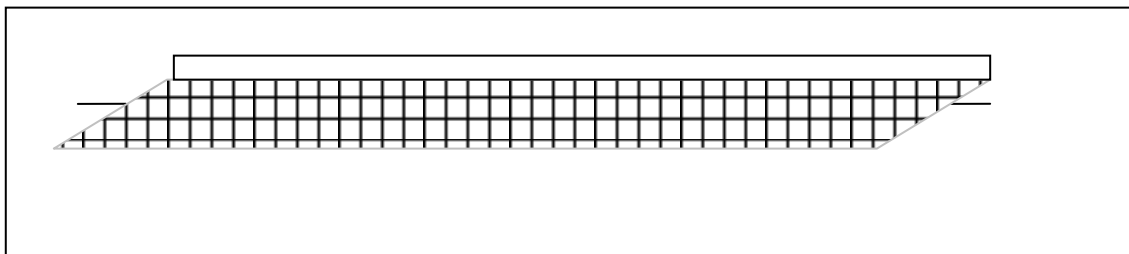


Figura 16. Esquema de la plataforma del horno de gas 2

### 1.3 Horno de gas 3

Especificaciones para el horno de gas 3 (figura 17).

- Horno de gas, mecánico,- Número de plataformas: 5,- Capacidad: 80 panes por lote.

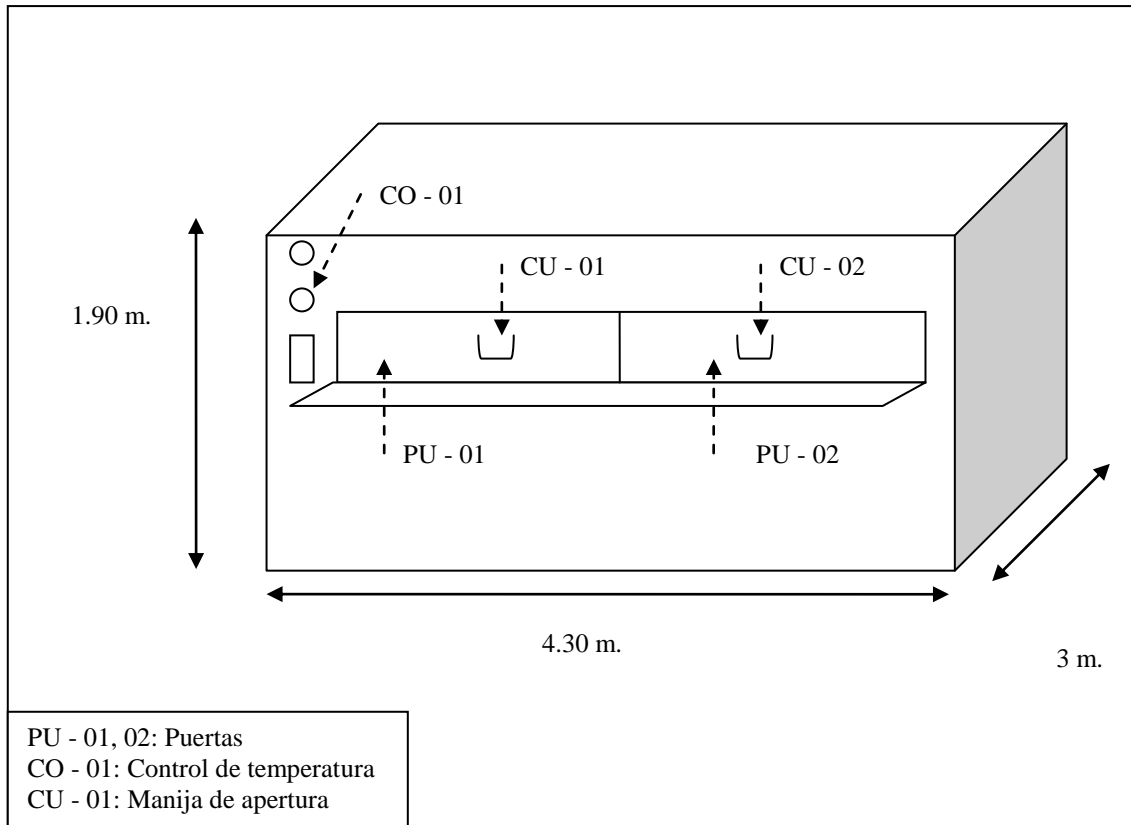


Figura 17. Horno de gas 3

El diseño de esta plataforma es tipo “grill”, el contacto de las charolas con el quemador de gas es mas directo, aunque el quemador es el más pequeño de los hornos de gas (Figura 18).

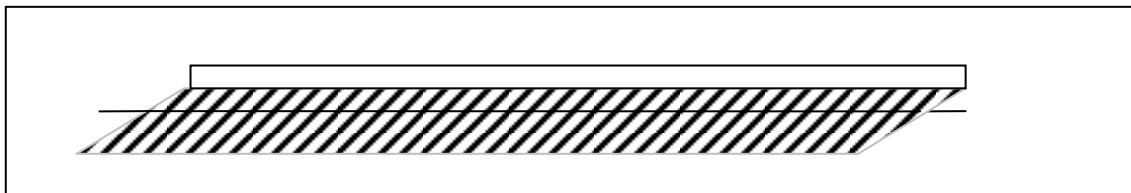


Figura 18. Esquema de la plataforma del horno de gas 3

### 1.4 Horno de gas 4

Especificaciones para el horno de gas 4 (figura 19).

-Horno de gas, mecánico,- Número de plataformas: 16,- Capacidad: 384 panes por lote.

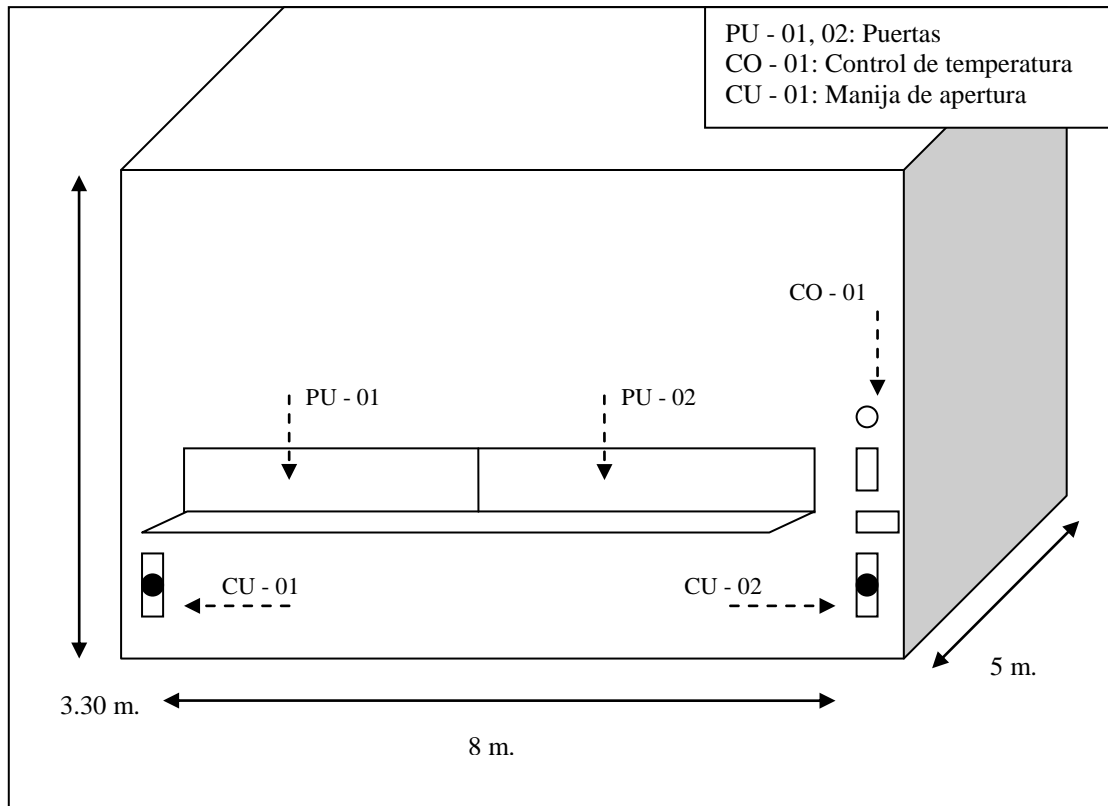


Figura 19. Horno de gas 4

Es la más amplia plataforma, el diseño de los orificios de su base son un poco mas separados (Figura 20).

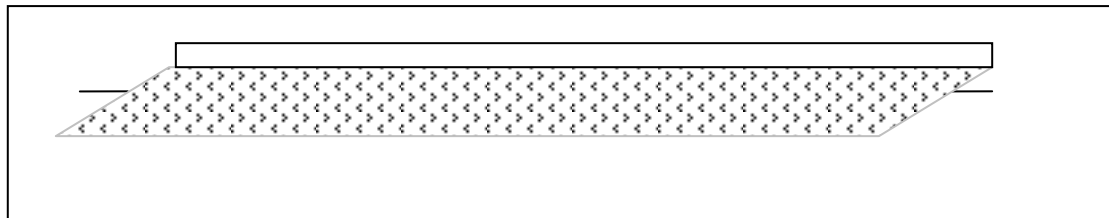


Figura 20. Esquema de la plataforma del horno de gas 4



## 1.8.2 Descripción de hornos eléctricos

### 1.1 Horno eléctrico 1

Especificaciones para el horno eléctrico 1 (figura 21).

- Horno eléctrico digital.
- Capacidad: dos espigueros dobles.
- 24 charolas por espiguero.
- Bolillos: 24 charolas por espiguero, por dos espigueros. 48 charolas por lote. Cada charola de bolillo tiene capacidad de 4 panes.192 panes por lote.
- Bollos: 24 charolas por espiguero, por dos espiguero. 48 charolas por lote. Cada charola de bollos tiene capacidad de 6 panes. 288 panes por lote.
- Pan plano: 24 charolas por espiguero, por dos espiguero. 48 charolas por lote. Cada charola de pan plano tiene capacidad de 6 panes. 288 panes por lote.

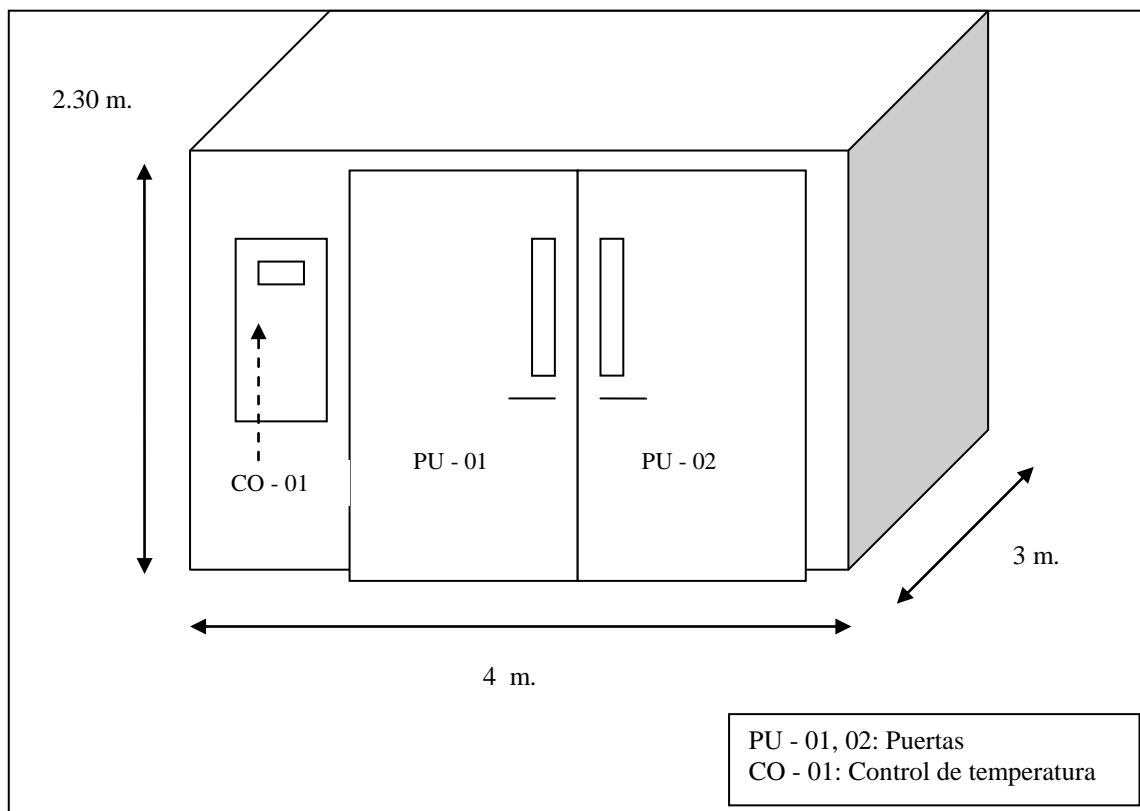


Figura 21. Horno eléctrico 1

En la figura 22, se muestran los espigueros compatibles con el horno eléctrico 1.

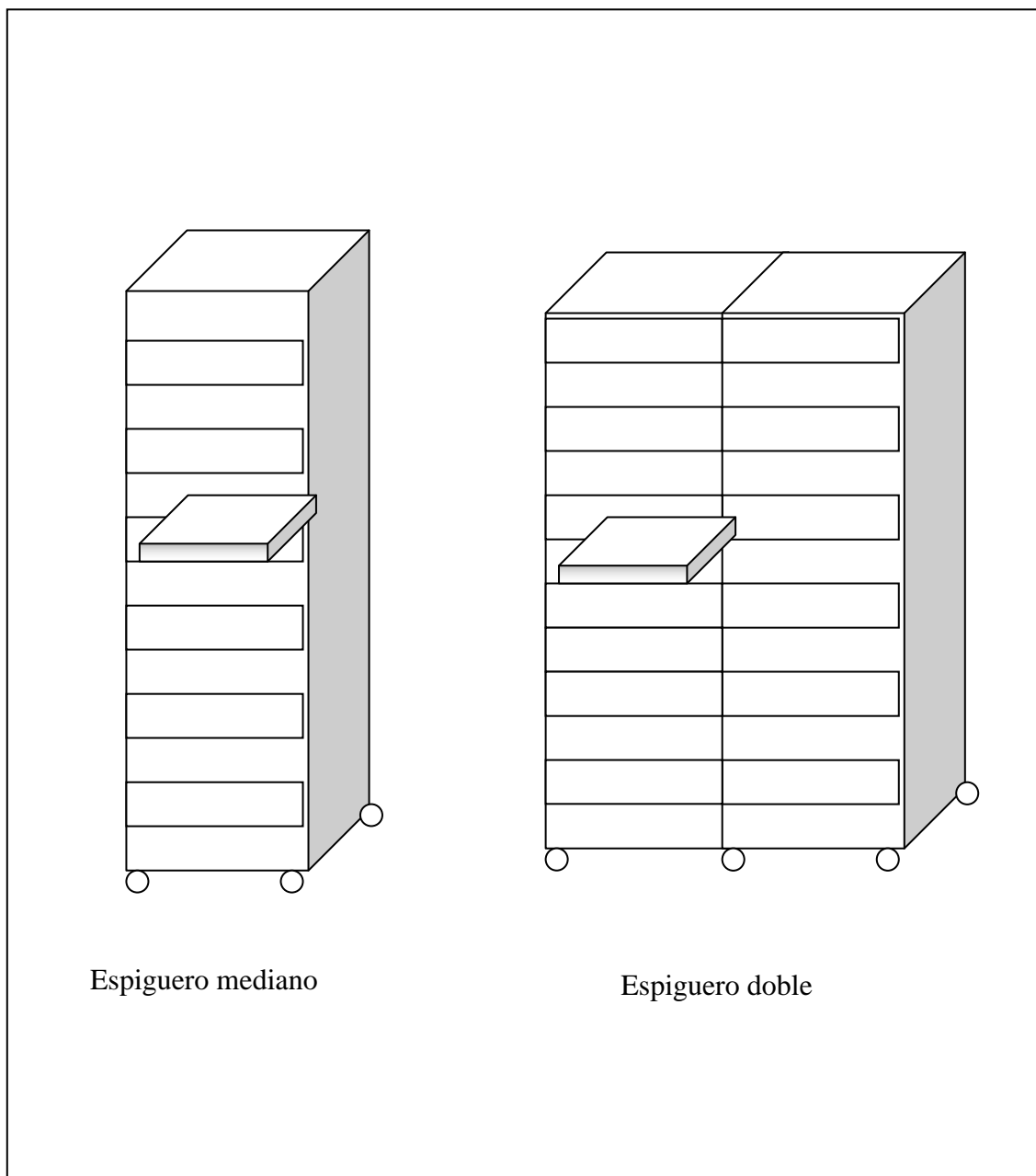


Figura 22. Tipos de espigueros usados en el horno eléctrico 1

## 1.2 Horno eléctrico 2

Especificaciones para el horno eléctrico 2 (figura 23).

- Horno eléctrico digital.
- Capacidad: un espiguero.
- Número de charolas: 16.
- Bolillos: 16 charolas por espiguero, cada charola de bolillo tiene capacidad de 4 panes. 64 panes por lote.
- Bollos: 16 charolas por espiguero, cada charola de bollos tiene capacidad de 6 panes. 96 panes por lote.
- Pan plano: 16 charolas por espiguero, cada charola de pan plano tiene capacidad de 6 panes. 96 panes por lote.

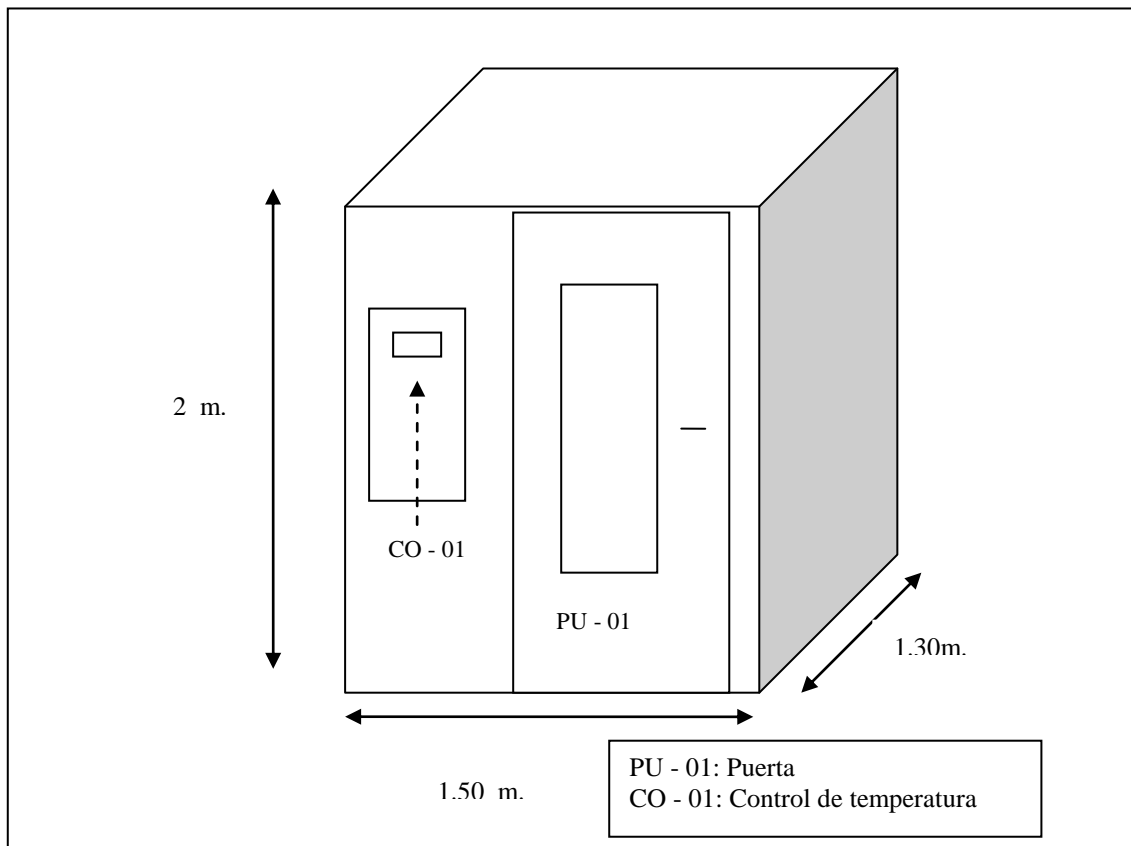


Figura 23. Horno eléctrico 2

*Nota: este horno eléctrico utiliza los mismos espigueros que el horno eléctrico 1, mostrados en la figura 22.*

### 1.3 Horno eléctrico 3

Especificaciones para el horno eléctrico 3 (figura 24).

- Horno eléctrico digital.
- Capacidad: un espiguero.
- Número de charolas: 19 charolas.
- Bolillos: 19 charolas por espiguero, cada charola de bolillo tiene capacidad de 4 panes.  
76 panes por lote.
- Bollos: 19 charolas por espiguero, cada charola de bollos tiene capacidad de 6 panes.  
114 panes por lote.
- Pan plano: 19 charolas por espiguero, cada charola de pan plano tiene capacidad de 6 panes.  
114 panes por lote.

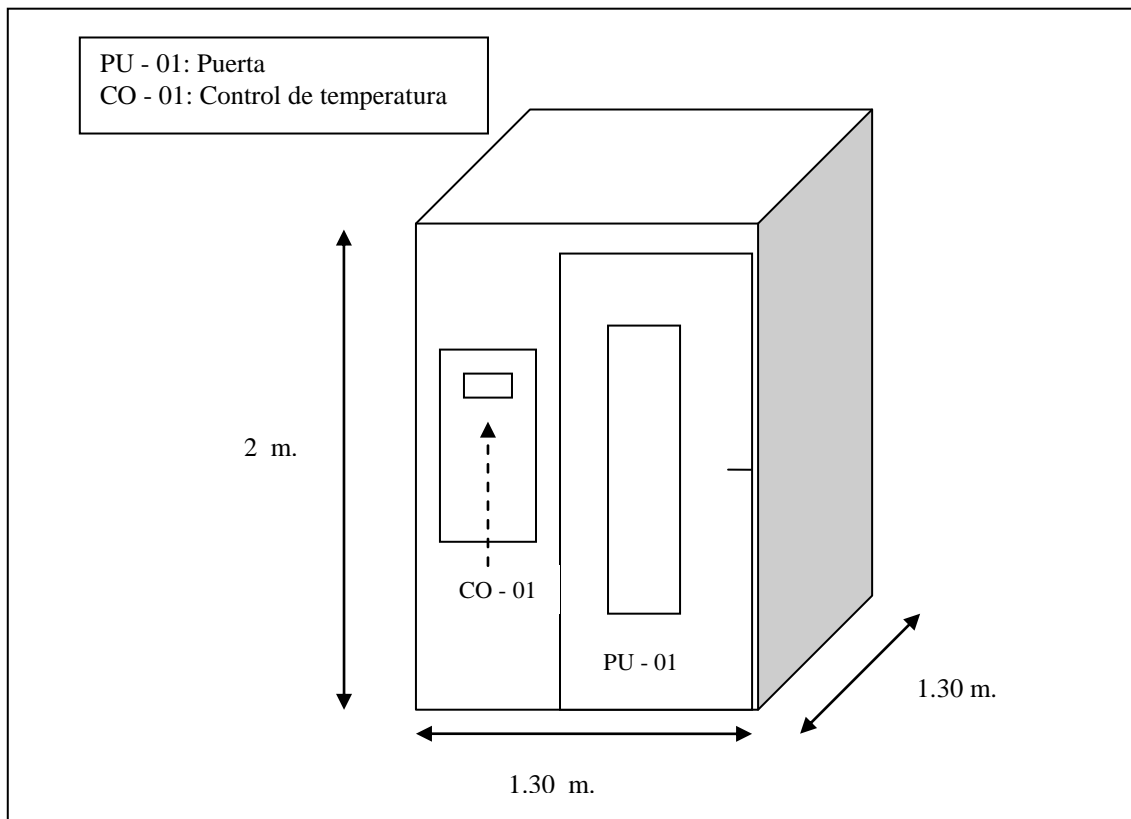


Figura 24. Horno eléctrico 3

En la figura 25 se muestran los espigueros compatibles con el horno eléctrico número 3.

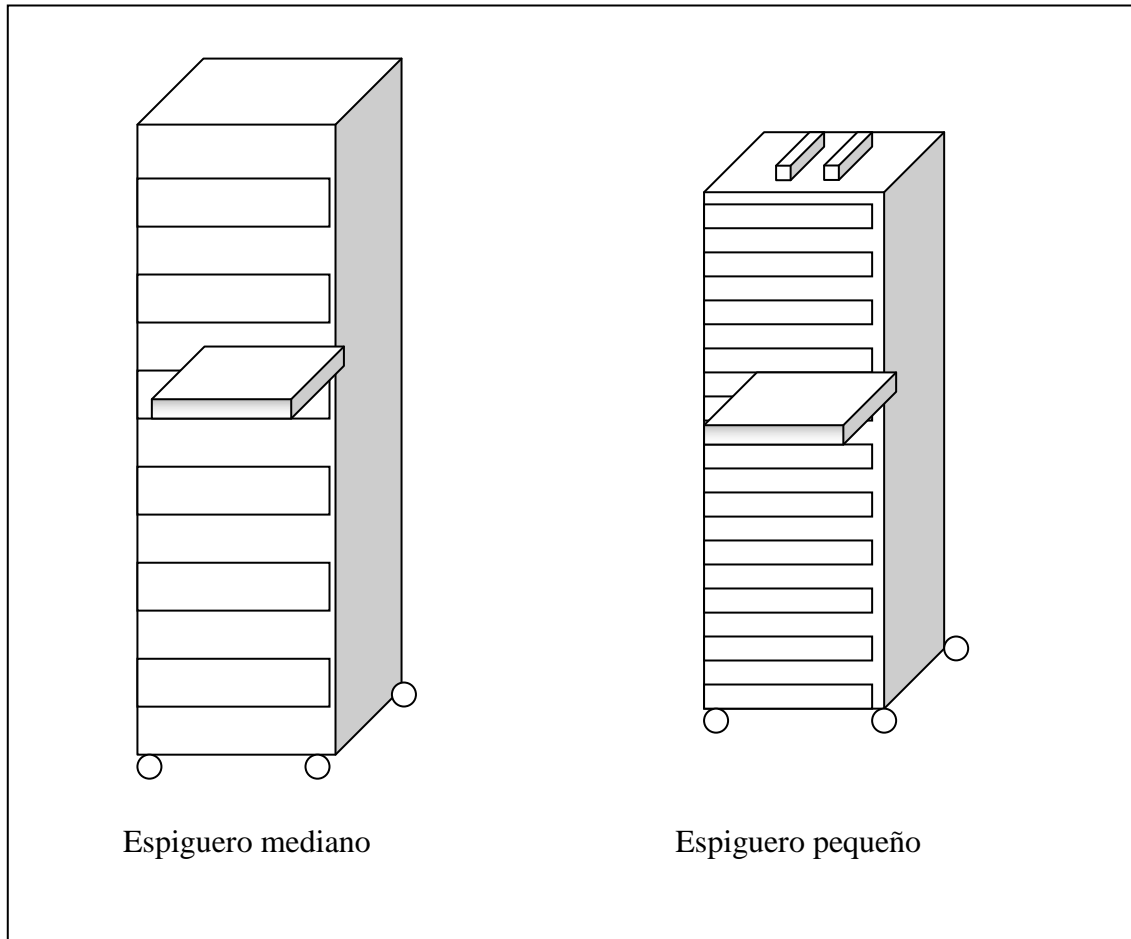


Figura 25. Tipos de espigueros usados en el horno eléctrico 3

### 1.9 Capacidad de los hornos

En la tabla 3 se muestran la capacidad de carga para hornear un lote de pan. El tamaño del horno es directamente proporcional a la capacidad para hornear un número determinado de charolas. Esta información es necesaria, para planear la distribución de las charolas en la línea de producción. En la tabla 42 se puede ver el pan elaborado, también se muestran los hornos en que se puede cocer cada tipo de pan, seguido de la capacidad en número de charolas, distribuidas en el interior de los hornos.

Tabla 3. Capacidad en charolas de los diferentes hornos, para cada tipo de pan

		Capacidad de los hornos, para cada tipo de pan (número de charolas)									
Pan de caja	Horno de gas 1					48					
	Horno de gas 2			25							
	Horno de gas 3			20							
	Horno de gas 4										96
Pan bolillo	Horno eléctrico 1					42					
	Horno eléctrico 2		19								
	Horno eléctrico 3		16								
Pan baguette	Horno de gas 1	8									
	Horno de gas 2	6									
	Horno de gas 3	5									
Pan bollo	Horno eléctrico 1					48					
	Horno eléctrico 2		19								
	Horno eléctrico 3		16								
Pan plano	Horno eléctrico 1					48					
	Horno eléctrico 2		19								
	Horno eléctrico 3		16								
		Numero de charolas									

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar los principales factores que afectan la elaboración de pan en una panificadora, para proponer la estandarización y control, mejorando su productividad.

### **2.2 Objetivos particulares**

#### **Objetivo particular 1**

Determinar las mejores condiciones de fermentación para reducir los defectos en pan de caja, pan bolillo, pan bollo, pan baguette a través de parámetros visuales y así reducir pérdidas por rechazo del producto final.

#### **Objetivo particular 2**

Determinar las variaciones de tiempos y temperaturas de horneado provocadas por el tipo de horno usado (hornos de gas y hornos eléctricos) por medio de cuadros de condiciones adecuadas para cada horno y obtener panes (de caja, bolillo, bollo, baguette, planos) que cumplan con las características del producto final.

#### **Objetivo particular 3**

Realizar un plan de producción en el área de horneado, por medio de una tabla de tiempos para cada tipo de pan dependiendo del horno usado, para poder tener un proceso semicontinuo de elaboración de pan.

### **3. DESARROLLO EXPERIMENTAL**

#### **3.1 Materia prima**

Se usaron los ingredientes y las formulaciones que se ocupaban normalmente, en la panificadora donde se llevó a cabo el trabajo. Los productos se elaboran con harina de trigo, agua potable, sal yodatada, azúcar, levadura, ingredientes opcionales y aditivos alimentarios permitidos por la Secretaría de Salud, para el tipo de pan; pan de caja, bolillo, bollo, baguette y pan plano.

#### **3.2 Fermentación**

Se elaboraron las masas de los productos: pan de caja, bolillo, bollo, baguette, pan plano y se colocaron en la cámara de fermentación a una temperatura de 90 °F, (32 °C). Se determinó el tiempo fermentación en función al aspecto del volumen de la masa con relación a la charola. Para que esto no dependiera tanto del operador, se sugirió el registro de estos parámetros visuales para cada pan. Se evaluó; el aspecto del volumen inicial de fermentación de los productos con respecto a la charola, realizando un esquema, donde se mostró su posición en la charola o molde. El aspecto del volumen final óptimo con respecto a la charola, se determinó como el volumen alcanzado por la masa, sin que se produjera la ruptura de su estructura por exceso de gas carbónico producido en la fermentación.

#### **3.3 Horneado**

Se horneó cada masa, en los diferentes tipos de hornos; el uso de hornos eléctricos y hornos de gas, dependieron del tipo de pan. En esta panificadora se cuentan con tres modelos diferentes de hornos de gas donde se hornearía los productos (pan de caja y baguette) y cuatro modelos de hornos eléctricos, donde se hornearía los bolillos, bollos y pan plano; por lo tanto, fue necesario una caracterización previa de los diferentes equipos utilizados para hornear la masa, ya que no se obtenían los mismos resultados y esto fue fundamental para conocer las causas de las variaciones en las temperaturas y tiempos en el proceso.

Se determinó la temperatura y tiempo de horneado en función del cocimiento de la masa y el color. Primero se evaluó la temperatura establecida para cada pan, en los diferentes



modelos de hornos utilizados. En esta etapa se evaluó la temperatura de horneado establecida para el pan, se ajustó la variación de la temperatura dependiendo del modelo del horno para obtener un producto de calidad óptima (producto cocido, estado de la miga).

Como segunda etapa, se determinó el tiempo de horneado. Se evaluó la temperatura de horneado de la primera etapa, se ajustó el tiempo de horneado óptimo a través del color y estabilidad de la estructura. Se organizaron los datos recabados en la determinación de tiempos y temperaturas en los hornos. Estos cuadros contribuirán a controlar el proceso de horneado.

### **3.4 Elementos de planeación de la producción**

Una vez determinados los tiempos de fermentación y tiempos de horneado de los productos, se realizó un diagrama de tiempos, para la elaboración de cada pan, para un turno de trabajo. En esta parte, se elaboraron los diagramas de proceso y se determinaron los tiempos necesarios para la producción de cada lote, dependiente del equipo utilizado y tener una base para poder planear mejor la producción.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Determinación de los tiempos de fermentación por parámetros visuales**

Tipos de panes que se elaboraron:

I.- Pan de caja

II.-Bolillos

III.-Baguette

IV.- Bollos

A continuación, se describen los parámetros visuales del proceso de fermentación propuestos para ser usados como guía para conocer y estandarizar los tiempos de fermentación. Es importante señalar que no se tenía un registro de estos parámetros; anteriormente el personal del área de horneado los determinaban por la experiencia adquirida a través del tiempo, provocando variaciones en el proceso y dificultando la capacitación del personal de nuevo ingreso. Una propuesta para resolver este problema fue, realizar un registro gráfico de los parámetros de fermentación, tomando en cuenta el aspecto de la masa con respecto a la charola al inicio y final de la fermentación, para determinar el tiempo óptimo de fermentación. Los defectos provocados en el pan por esta causa son; la sobrefermentación y la falta de fermentación. En el primero caso, la estructura de la masa se rompe y se desinfla, sin poder hornearse y en el segundo caso, al hornearse en estas condiciones, el pan no alcanza el tamaño final establecido.

A continuación se muestran las propuestas de registro de parámetros de fermentación para cada producto.

#### 4.1.1 Pan de caja

Parámetros visuales de fermentación para el pan de caja.

La charola para este tipo de pan es de forma rectangular cerrada, cuenta con una tapa, para obtener un pan de forma cuadrada. Se observa el volumen inicial de la masa en la charola aproximadamente  $\frac{1}{3}$  del volumen final (figura 26). En la figura 28 se muestra, de forma gráfica, la estandarización por parámetros visuales del aspecto de la masa al inicio de la fermentación del pan de caja.



Figura 26. Aspecto de la masa al inicio de la fermentación del pan de caja

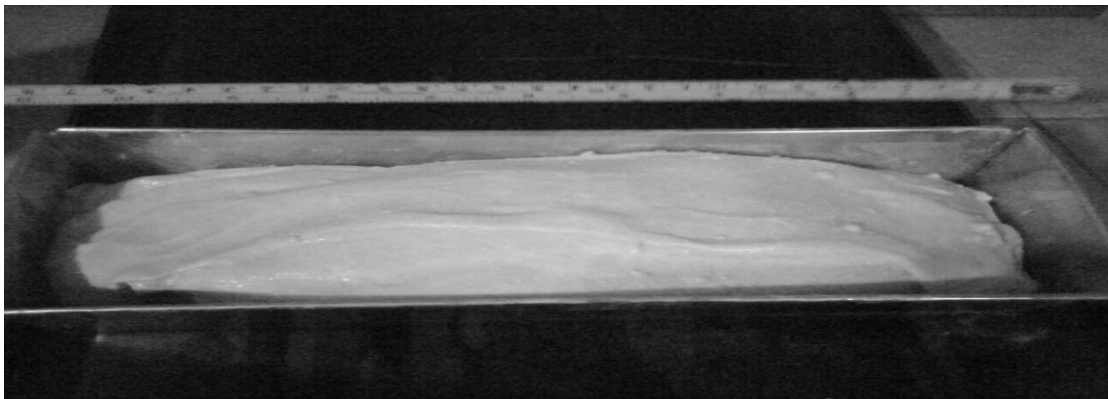


Figura 27. Aspecto de la masa al final de la fermentación del pan de caja

Es importante cuidar, que en el punto final de la fermentación, el volumen de la masa no sobre pase el nivel superior de la charola, ya que al suceder esto la masa se pega a la tapa,

rompiendo la estructura de la masa esponjada, también cambian las características reológicas de la masa, causando una pérdida del lote, ya que este subproducto ya no es apto para hornear (figura 27).

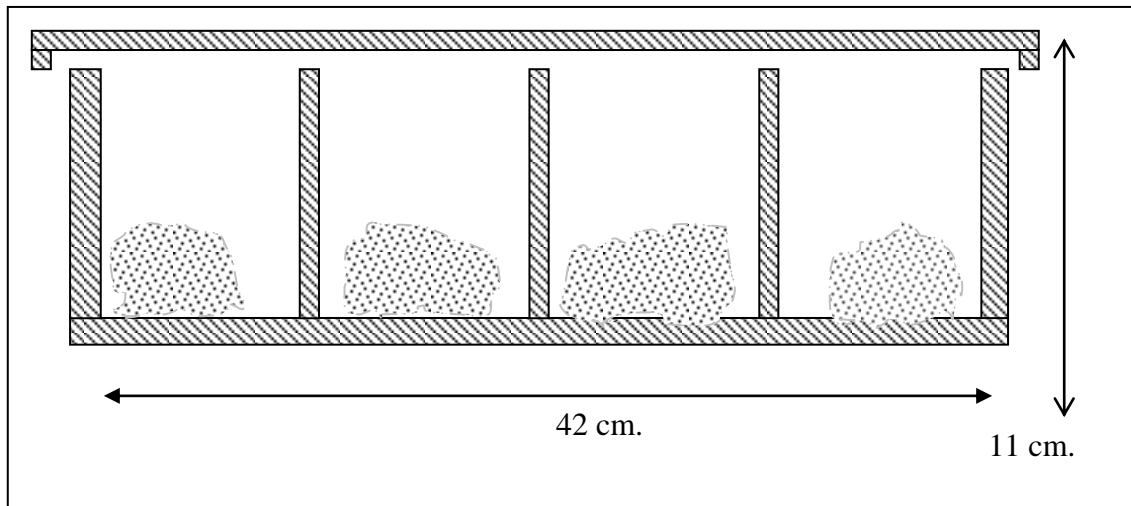


Figura 28. Diagrama de la masa al inicio de la fermentación del pan de caja, visto desde un corte transversal de la charola

En la figura 29 se muestra, de forma gráfica, la estandarización por parámetros visuales el aspecto de la masa al final de la fermentación del pan de caja.

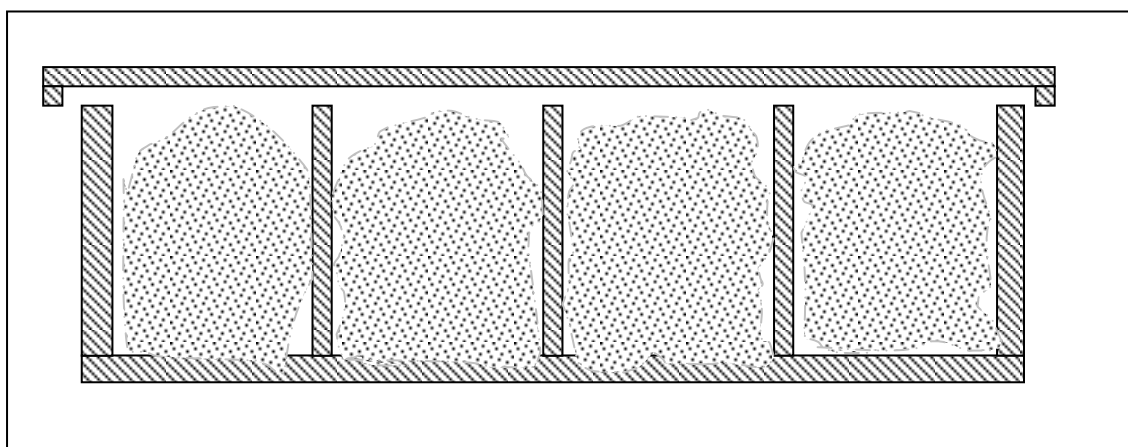
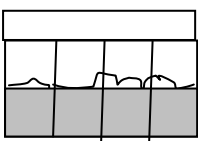
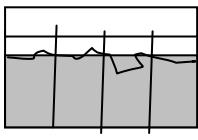
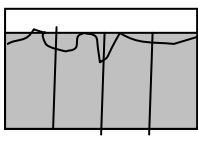


Figura 29. Diagrama de la masa al final de la fermentación del pan de caja, visto desde un corte transversal de la charola

Se propuso observar el volumen de fermentación a través de varias repeticiones y registrar el nivel de la masa en la charola, para usarlo como estándar para cada tipo de masa (figura 29). El tiempo total de fermentación óptimo observado fue de 120 min.

Tabla 4. Observaciones del estado de la masa fermentada, para el pan de caja

	PARÁMETRO VISUAL (nivel de la masa en la charola)	TIEMPO	OBSERVACIONES	ESTADO DE LA MASA
VOLUMEN FINAL 1		100 min	Solo alcanza la mitad del recipiente	Falta de fermentación
VOLUMEN FINAL 2		120 min.	Cumple con el volumen del producto. Aumentó aproximadamente 3 veces el volumen original	Fermentado
VOLUMEN FINAL 3		130 min.	Aumenta el contenido de gas carbónico. La masa se pega a la tapa de la charola y se rompe la estructura de la masa	Sobre fermentado

En la tabla 4, se observan 3 diferentes volúmenes finales con respecto a la charola para el pan de caja, dependiendo del tiempo de fermentación a una temperatura de 90 °F, (32 °C). El volumen final 1 a los 100 minutos es insuficiente, solo alcanza la mitad de la charola. El

volumen final 2 a los 120 minutos la masa cumple con el volumen del producto final. El volumen final 3 a los 130 minutos, la masa excede la capacidad de la charola pegándose con la tapa superior, rompiéndose la estructura de la masa.

El espigero que contiene las charolas de pan de caja (figura 30), se saca de la cámara de fermentación y después se acomodan las charolas en el horno. El espigero contiene 48 charolas de pan de caja.

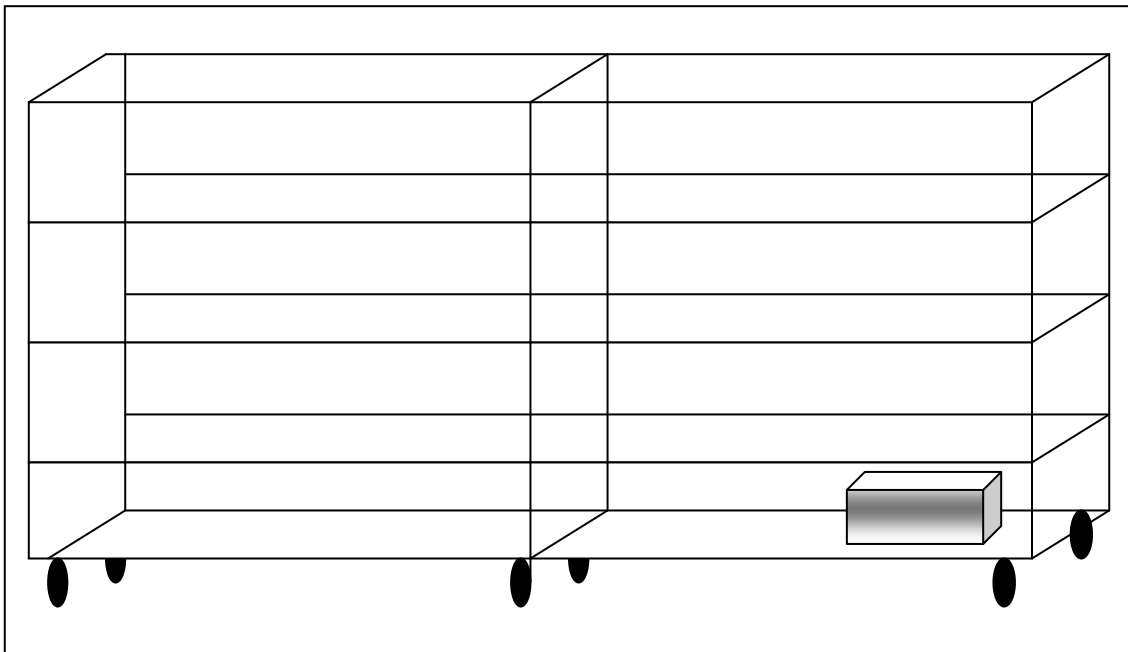


Figura 30. Espigero usado para charolas de pan de caja

#### **4.1.2 Bolillos**

Parámetros visuales de fermentación para el pan bolillo.

Los bolillos usan una charola especial de aluminio, donde se pone la masa en una forma de semicírculo. A la masa se le da una forma alargada.

En la figura 31 se observa el aspecto de la masa al inicio de la fermentación, aproximadamente 1/2 del volumen a alcanzar. En la figura 33 se muestra la estandarización por parámetros visuales el aspecto de la masa al inicio de la fermentación del pan bolillo.

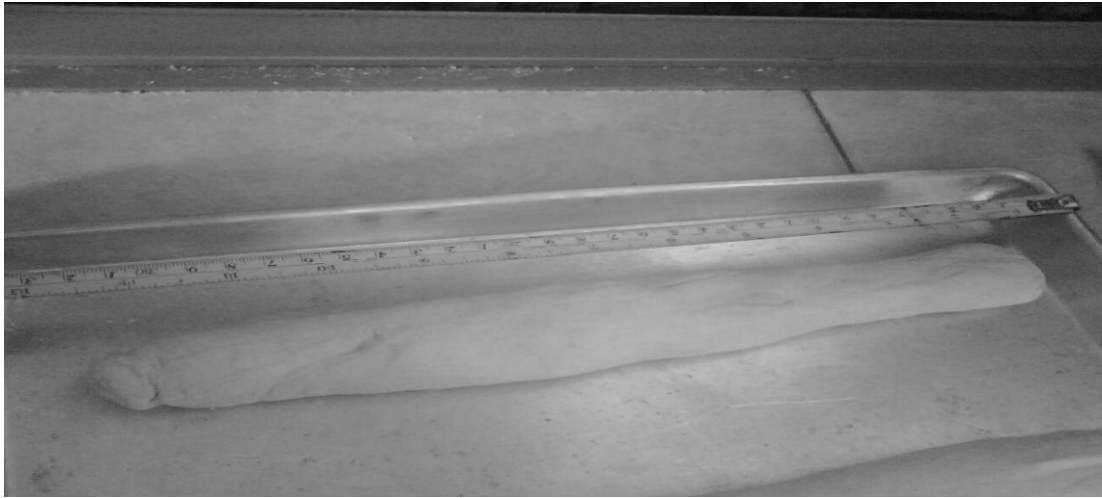


Figura 31. Aspecto de la masa al inicio de la fermentación del pan bolillo

En la figura 32 se muestra el punto final de la fermentación, en el cual se alcanza el volumen final de la masa, después de este punto, si no se hornea inmediatamente, la estructura de la masa se rompe, escapándose el gas de su interior.

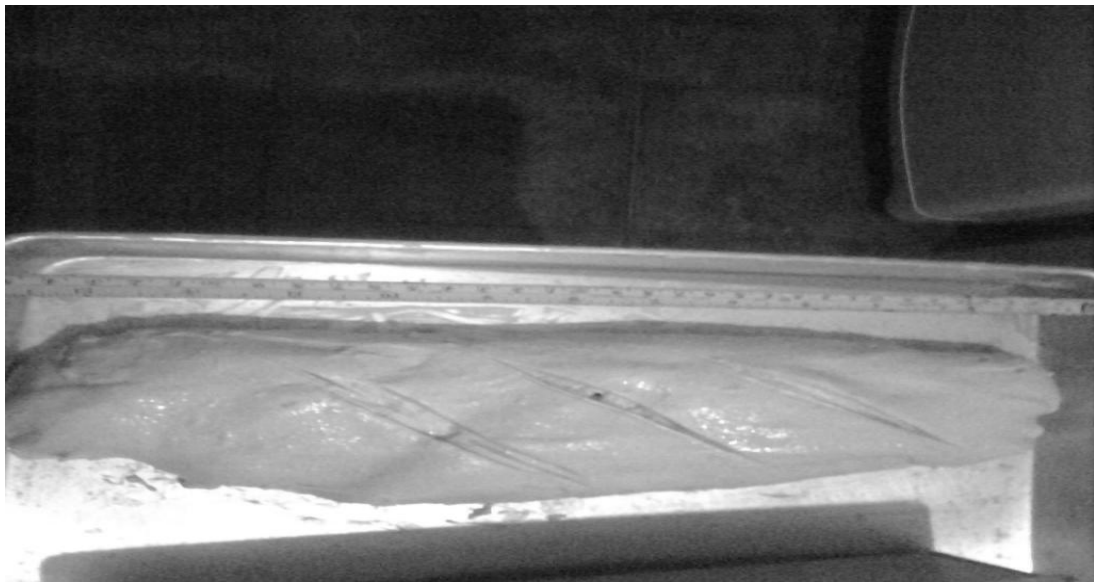


Figura 32. Aspecto de la masa al final de la fermentación del pan bolillo

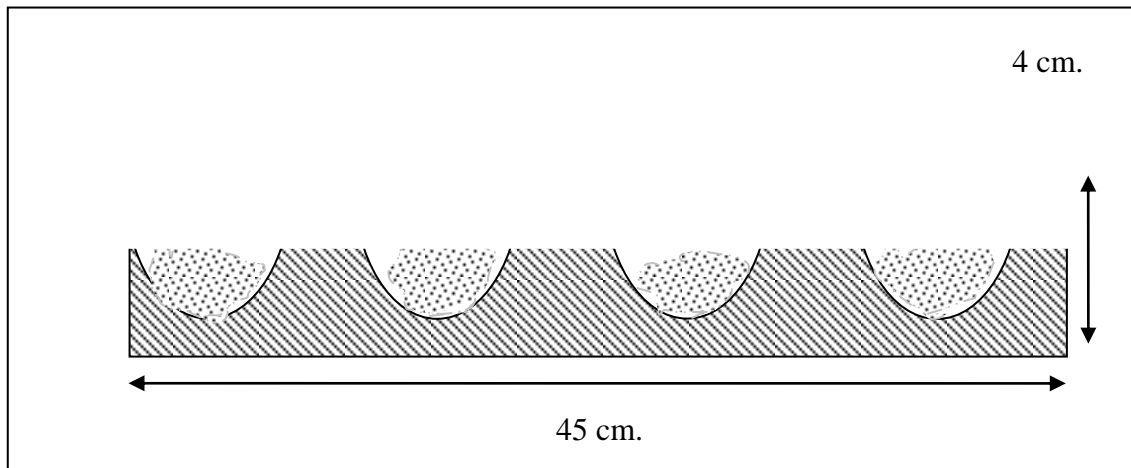


Figura 33. Diagrama de la masa al inicio de la fermentación del pan bolillo, visto desde un corte transversal de la charola

En la figura 34 se muestra la estandarización por parámetros visuales del aspecto de la masa al final de la fermentación con respecto a la charola del pan bolillo.

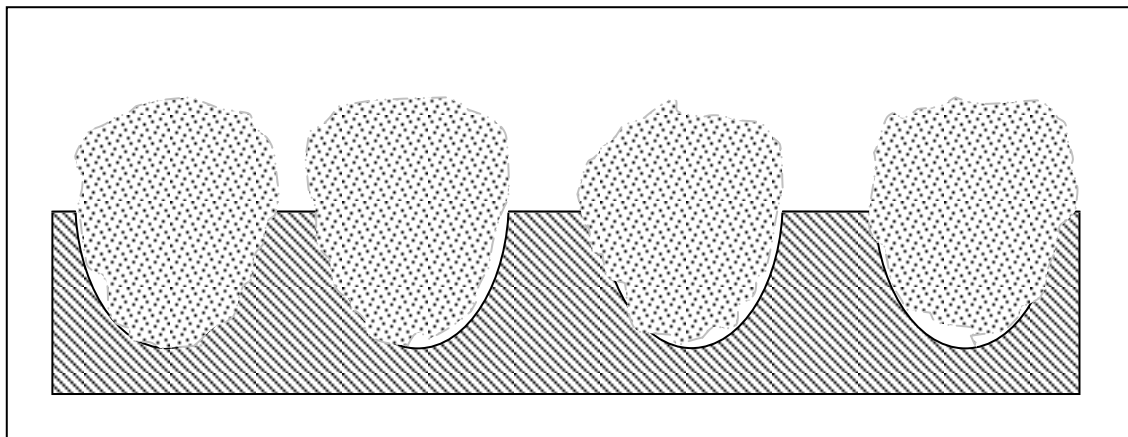


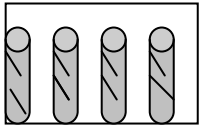
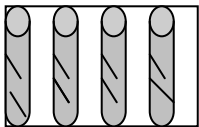
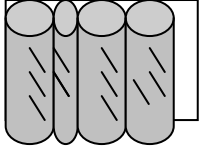
Figura 34. Diagrama de la masa al final de la fermentación del pan bolillo, visto desde un corte transversal de la charola

Se propuso observar el estado de fermentación a través de varias repeticiones y registrar el aspecto de la masa en la charola, para usarlo como estándar para cada tipo de masa. El tiempo total de fermentación óptimo observado fue de 90 min.



En la tabla 5, se observan 3 diferentes volúmenes finales con respecto a la charola del pan bolillo, dependiendo del tiempo de fermentación a una temperatura de 90 °F, (32 °C).

Tabla 5. Observaciones del estado de la masa fermentada, para el pan bolillo

	PARÁMETRO VISUAL (posición de la masa en la charola)	TIEMPO	OBSERVACIONES	ESTADO DE LA MASA
VOLUMEN FINAL 1		70 min.	Masa no sobresale de la charola	Falta de fermentación
VOLUMEN FINAL 2		90 min.	Cumple con el volumen del producto. Aumentando aproximadamente 2 veces del volumen original	Fermentado
VOLUMEN FINAL 3		100 min.	La masa de cada pieza se pega entre si rompiéndose la estructura de la masa	Sobre fermentado

El volumen final 1 a los 70 minutos es insuficiente, la masa no sobresale de la charola. El volumen final 2 a los 90 minutos, la masa cumple con el volumen del producto final, aumentando 2 veces su volumen original. El volumen final 3 a los 100 minutos, la masa de cada bolillo se pega con el bolillo de junto, rompiéndose la estructura de la masa.

Después de observar el tiempo óptimo de fermentación, se sacan los espigueros de la cámara de fermentación, se cortan las masas para eliminar el exceso de gas carbónico con una navaja, formando tres líneas diagonales (figura 35).

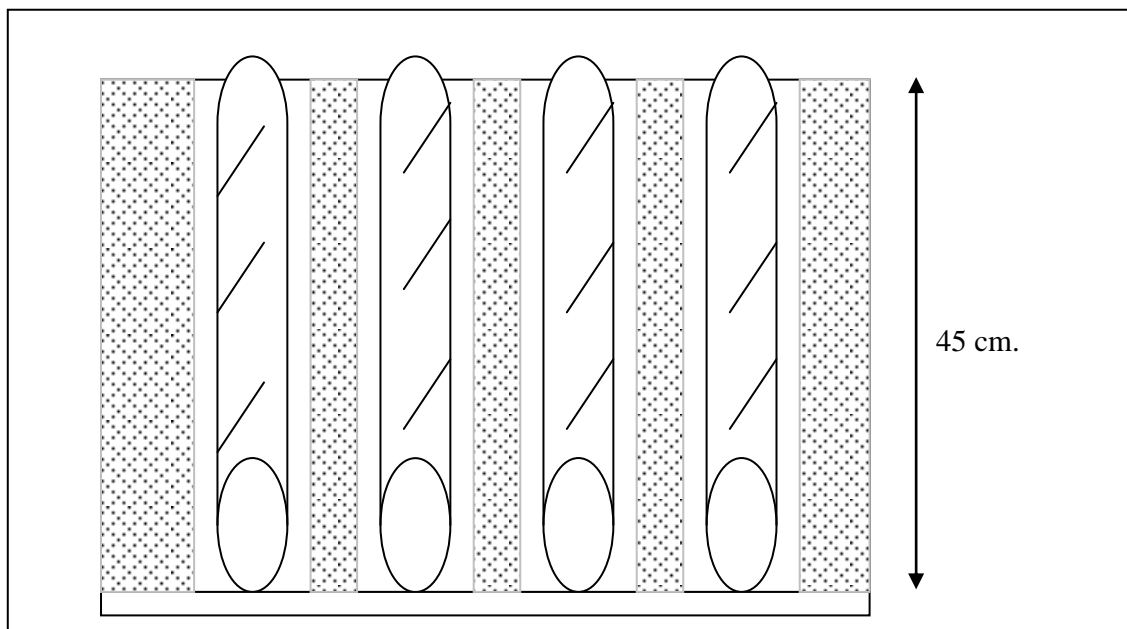


Figura 35. Bolillos con cortes diagonales

#### **4.1.3 Baguette**

Parámetros visuales de fermentación para el pan baguette.

La baguette es un tipo de bolillo, que cuenta con una longitud mayor. La charola donde se manipula la baguette es alargada y su material es de acero. En la figura 36 se muestra el aspecto de la masa al inicio de la fermentación, aproximadamente 1/2 del volumen a alcanzar. En la figura 38 se muestra la estandarización por parámetros visuales del aspecto de la masa al inicio de la fermentación con respecto a la charola para el pan baguette.



Figura 36. Aspecto de la masa al inicio de la fermentación del pan baguette



Figura 37. Aspecto de la masa al final de la fermentación del pan baguette

En la figura 37 se observa la masa del pan baguette, en el tiempo de fermentación final.

Se propuso observar el estado de fermentación a través de varias repeticiones y registrar el aspecto de la masa en la charola, para usarlo como estándar para cada tipo de masa. El tiempo total de fermentación óptimo observado fue de 240 min.

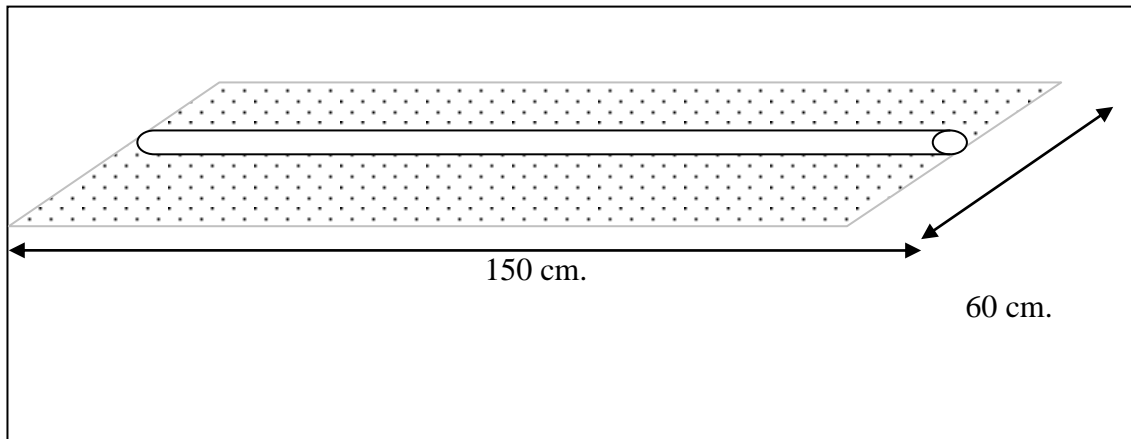


Figura 38. Diagrama de la masa al inicio de la fermentación del pan baguette, desde una vista lateral

En la figura 39 se muestra la estandarización por parámetros visuales el aspecto de la masa al final de la fermentación con respecto a la charola del pan baguette.

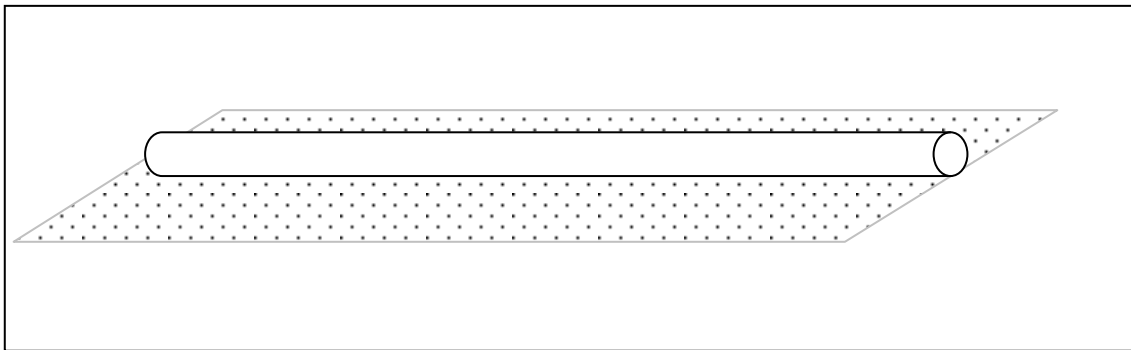
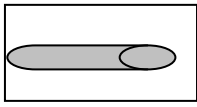

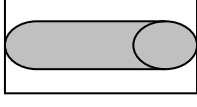


Figura 39. Diagrama de la masa al final de la fermentación del pan baguette, desde una vista lateral

En la tabla 6, se observan 3 diferentes volúmenes finales con respecto a la charola del pan baguette, dependiendo del tiempo de fermentación a una temperatura de 90 °F, (32 °C). El volumen final 1 a los 220 minutos es insuficiente, la masa no sobresale de la charola. El volumen final 2 a los 240 minutos, la masa cumple con el volumen del producto final. El volumen final 3 a los 260 minutos, la estructura de la masa de la baguette se rompe fácilmente al manipularla en los espigueros.

Tabla 6. Observaciones del estado de la masa fermentada, para el pan baguette

	PARÁMETRO VISUAL (posición de la masa en la charola)	TIEMPO	OBSERVACIONES	ESTADO DE LA MASA
VOLUMEN FINAL 1		220 min.	La masa no sobresale de la charola	Falta de fermentación
VOLUMEN FINAL 2		240 min.	Cumple con el volumen del producto. Aproximadamente 2 veces el volumen inicial	Fermentado
VOLUMEN FINAL 3		260 min.	La masa es muy frágil al manipular la charola, se rompe la estructura de la masa	Sobre fermentado

Después se corta el pan, para eliminar el exceso de gas carbónico; con una navaja se forman nueve líneas diagonales (figura 40).

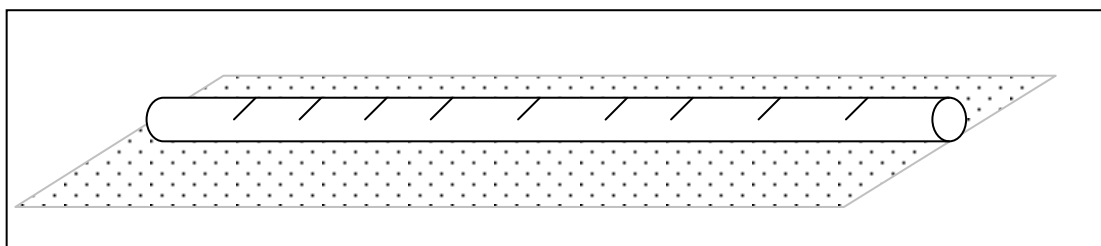


Figura 40. Pan baguette, con cortes diagonales

#### 4.1.4 Bollos

Parámetros visuales de fermentación para bollos.

La charola donde se manipulan los bollos es una charola plana sin orificios. En la figura 41 se muestra el aspecto de la masa al inicio de la fermentación, aproximadamente 1/2 del volumen a alcanzar. En la figura 43 se muestra la estandarización por parámetros visuales el aspecto de la masa al inicio de la fermentación del pan bollo.

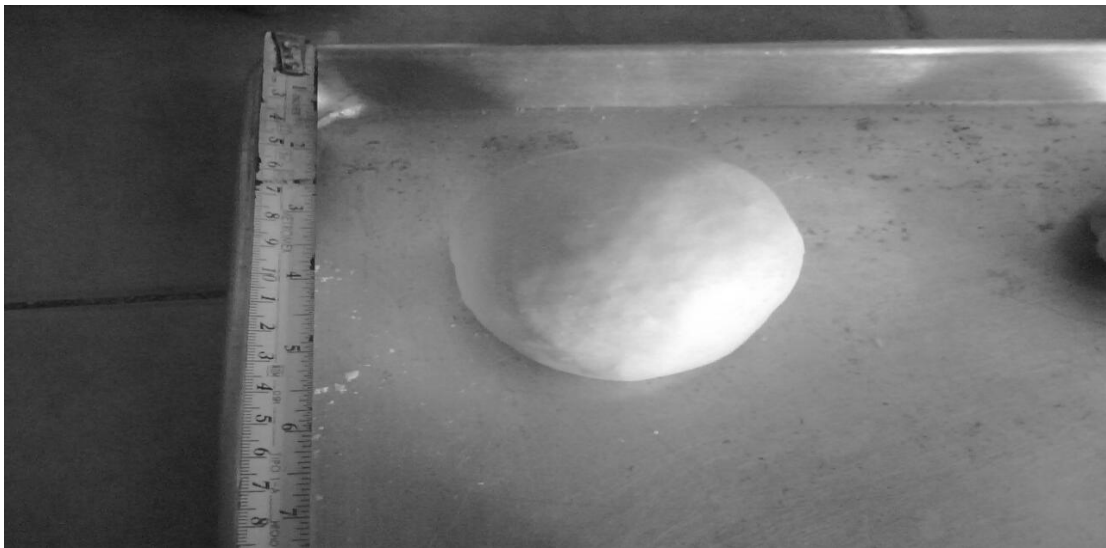


Figura 41. Aspecto de la masa al inicio de la fermentación del pan bollo



Figura 42. Aspecto de la masa al final de la fermentación del pan bollo

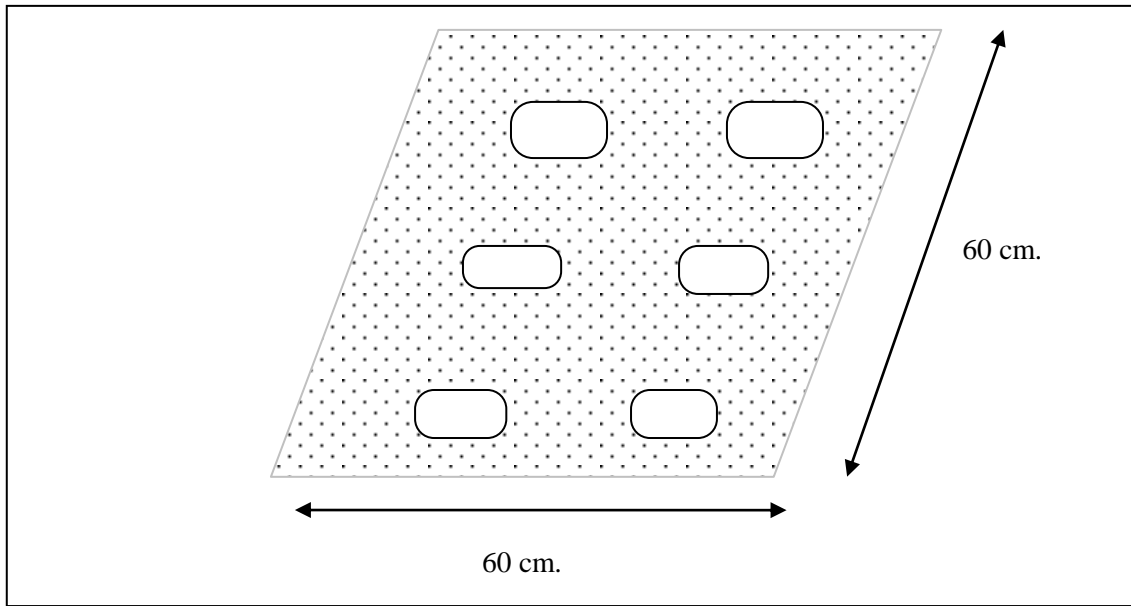


Figura 43. Diagrama de la masa al inicio de la fermentación del pan bollo, desde una vista lateral

En la figura 44 se muestra el diagrama de estandarización por parámetros visuales del aspecto de la masa al final de la fermentación del pan bollo.

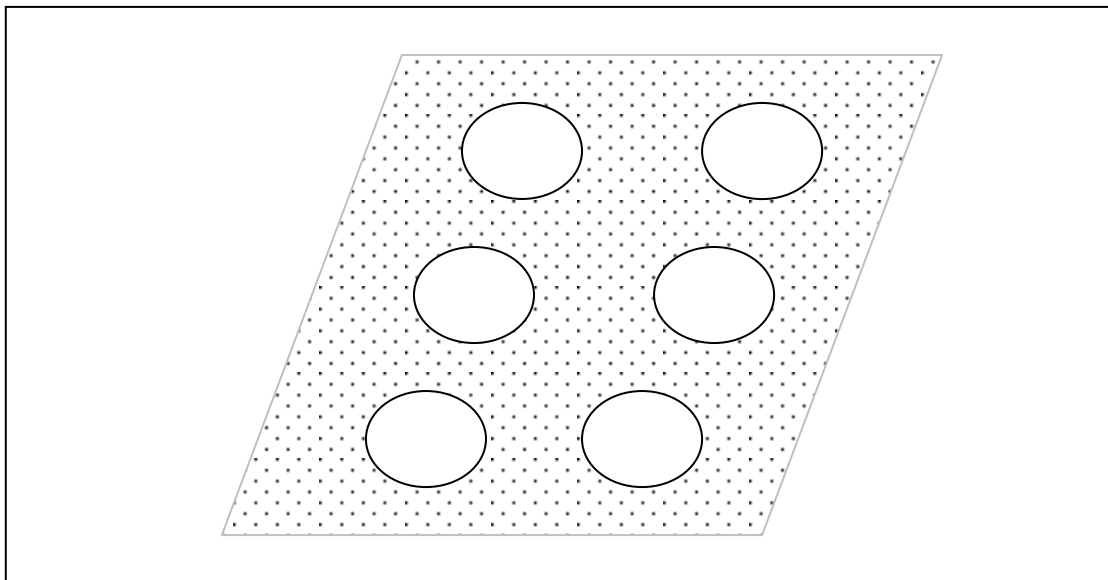
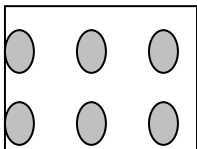
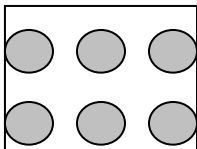
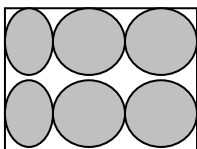


Figura 44. Diagrama de la masa al final de la fermentación del pan bollo, desde una vista lateral

En la tabla 7, se observan 3 diferentes volúmenes finales con respecto a la charola para el pan bollo, dependiendo del tiempo de fermentación a una temperatura de 90 °F, (32 °C). El volumen final 1 a los 270 minutos es insuficiente. El volumen final 2 a los 300 minutos, la masa cumple con el volumen del producto final. El volumen final 3 a los 330 minutos, la masa de cada bollo se pega entre si, rompiéndose la estructura de la masa.

Tabla 7. Observaciones del estado de la masa fermentada, para el pan de bollo

	PARÁMETRO VISUAL (posición de la masa en la charola)	TIEMPO	OBSERVACIONES	ESTADO DE LA MASA
VOLUMEN FINAL 1		270 min.	La masa es dura al cortarla	Falta de fermentación
VOLUMEN FINAL 2		300 min.	La masa no se desinfla al cortarla. Aumenta aproximadamente 2 veces su volumen	Fermentado
VOLUMEN FINAL 3		330 min.	La masa de cada pieza se pega entre si rompiendo la estructura de la masa	Sobre fermentado

Se propuso observar el estado de fermentación a través de varias repeticiones y registrar el aspecto de la masa en la charola, para usarlo como estándar. El tiempo total de fermentación óptimo observado fue 300 min. Después de observar el tiempo óptimo de fermentación, se sacan los espigueros de la cámara de fermentación, para después cortarla



para eliminar el exceso de gas carbónico, con una navaja se hace una forma de X (figura 45).

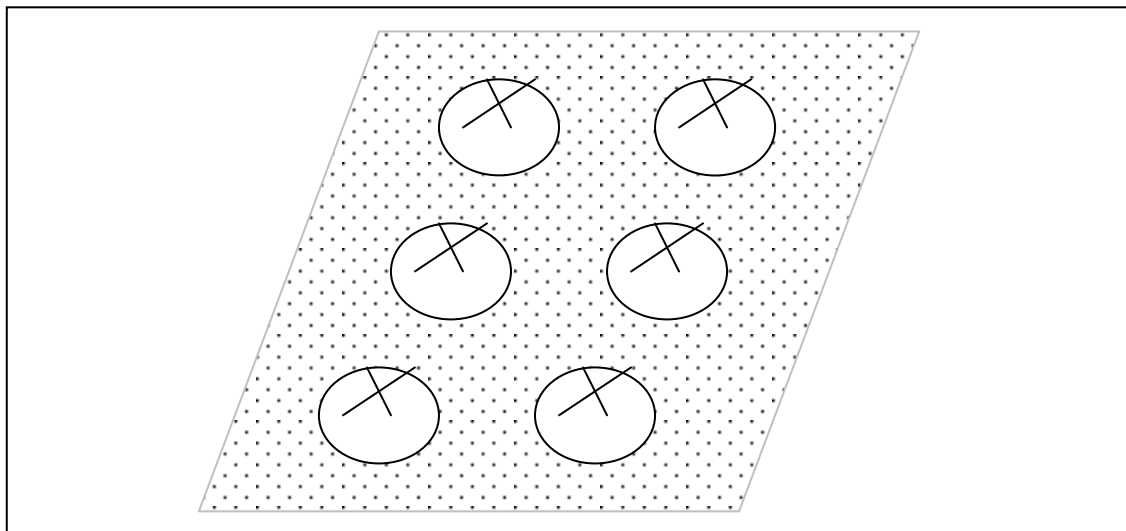


Figura 45. Bollos cortados en forma de X

La falta de parámetros para conocer el tiempo óptimo de fermentación de cada masa; generaba pérdidas en el área de horneado. El registro de estos parámetros visuales, ayudó a capacitar al personal en la toma de decisiones y esto redujo al mínimo los defectos y se controló más eficientemente el proceso de fermentación. Con estos parámetros gráficos de fermentación, se redujo el defecto de sobrefermentación y los colaboradores del área de horneado, pudieron identificar de forma más sencilla el momento correcto para extraer los espigueros de la cámara de fermentación.

#### **4.2 Determinación de las temperaturas y tiempos de horneado para cada tipo de horno**

La empresa solo confiaba en los conocimientos de los horneros, por lo tanto, no llevaba registros de los tiempos y temperaturas de horneado de los diferentes productos, estos datos eran transmitidos verbalmente por los encargados de los hornos. Por esta razón, se tuvo que recopilar estos datos y elaborar un registro de estas condiciones de horneado, para que no variara la calidad del producto final.

En la primera etapa: Se evaluó la temperatura de horneado establecida para el tipo de pan, para ajustar la variación de la temperatura de horneado, dependiendo del horno utilizado, para obtener un producto de calidad óptima. En la segunda etapa, se determinó el tiempo de horneado. Se evaluó la temperatura de horneado de la primera etapa, para ajustar el tiempo de horneado. Las temperaturas y tiempos de horneado se establecieron a través de un diagrama de decisiones usando límites sensoriales: límite inferior = crudo (estructura débil, miga apelmazada, color amarillo paja), límite superior = quemado (estructura color café oscuro, miga reseca), producto conforme = (estructura estable, miga seca, color amarillo dorado). Se organizaron los datos recabados en la determinación de tiempos y temperaturas de los hornos.

#### 4.2.1 Tablas de registro de temperaturas y tiempos de horneado para el pan de caja

##### 4.2.1.1 Determinación de temperatura de horneado, pan de caja

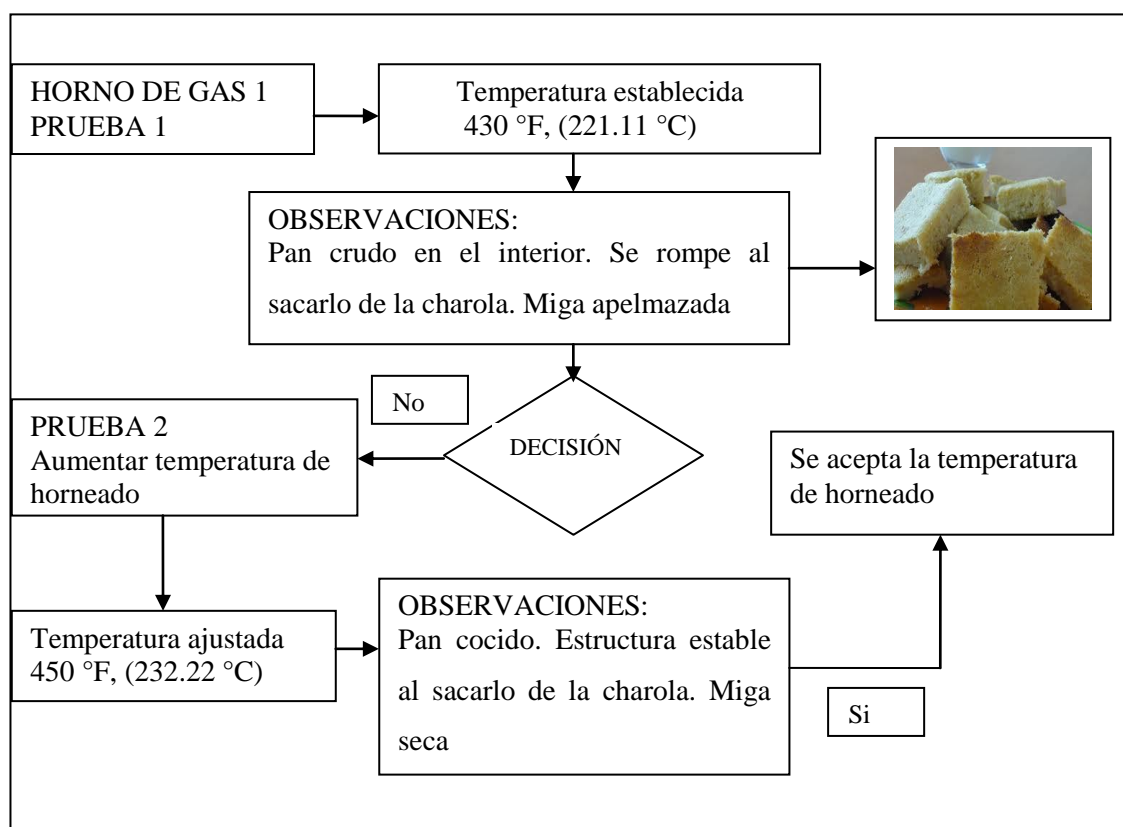


Figura 46. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan de caja en el horno de gas 1

Se horneó el pan de caja en el horno de gas 1 (figura 46), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 430 °F, (221.11 °C) y se observó que el pan estaba crudo, se dispuso a aumentar la temperatura en intervalos de 10 °F, (12.22 °C) hasta obtener la temperatura adecuada. Se aumentó 2 veces la temperatura hasta 450 °F, (232.22 °C). Obteniendo un pan cocido. Por lo tanto la temperatura de horneado para este pan en el horno 1, fue de 450 °F, (232.22 °C).

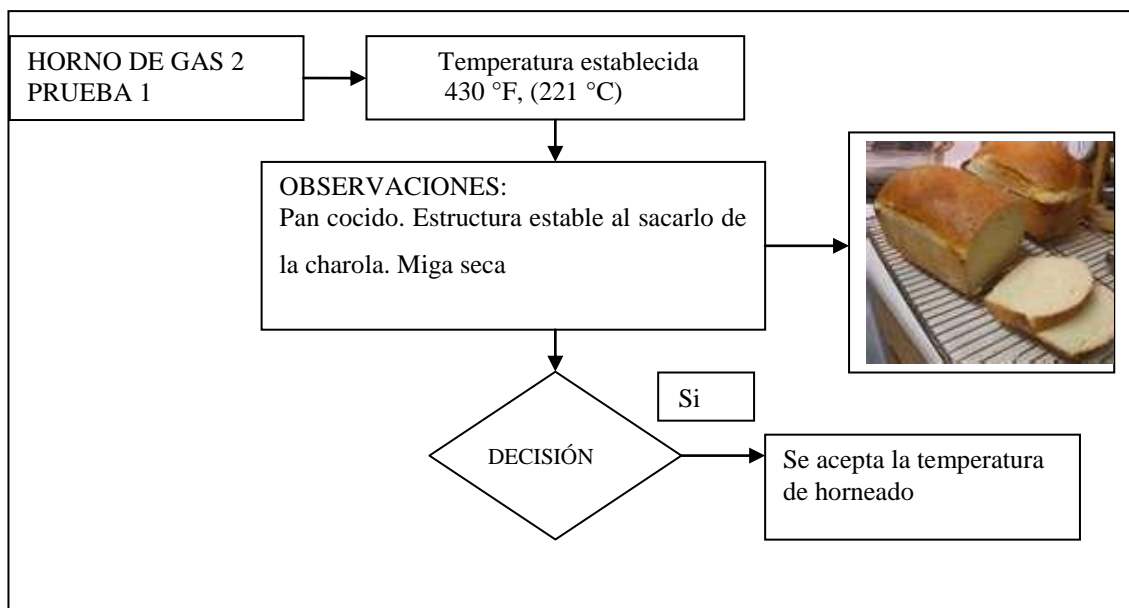


Figura 47. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan de caja en el horno de gas 2

Se horneó el pan de caja en el horno de gas 2 (figura 47), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 430 °F, (221 °C) y se observó que el pan sí se coció adecuadamente, esto quiere decir que, la temperatura es aceptable para este horno.

Se horneó el pan de caja en el horno de gas 3 (figura 48), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 430 °F, (221.11 °C). Se observó que el pan se quemaba en la base, por lo tanto, se decidió disminuir en intervalos de 10 °F, (12.22 °C) hasta obtener la temperatura adecuada. Se disminuyó 1 vez la temperatura hasta 420 °F, (215.56 °C). Los resultados obtenidos fueron adecuados porque el pan se coció correctamente.

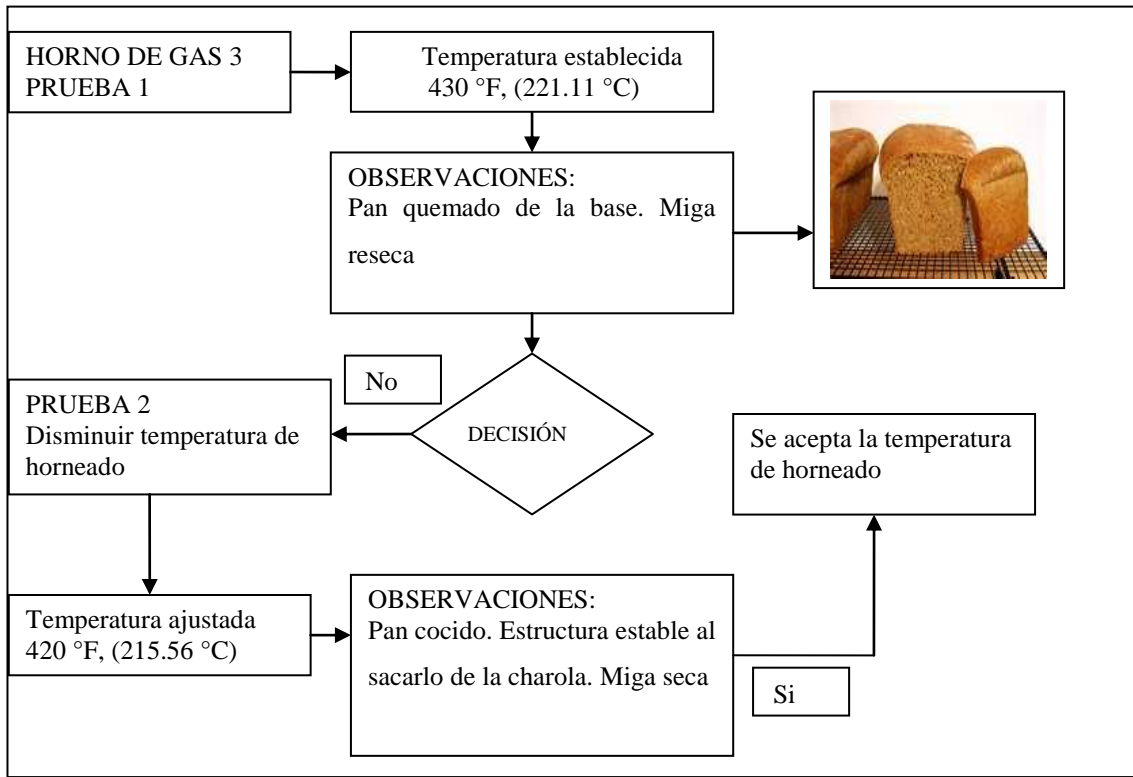


Figura 48. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan de caja en el horno de gas 3

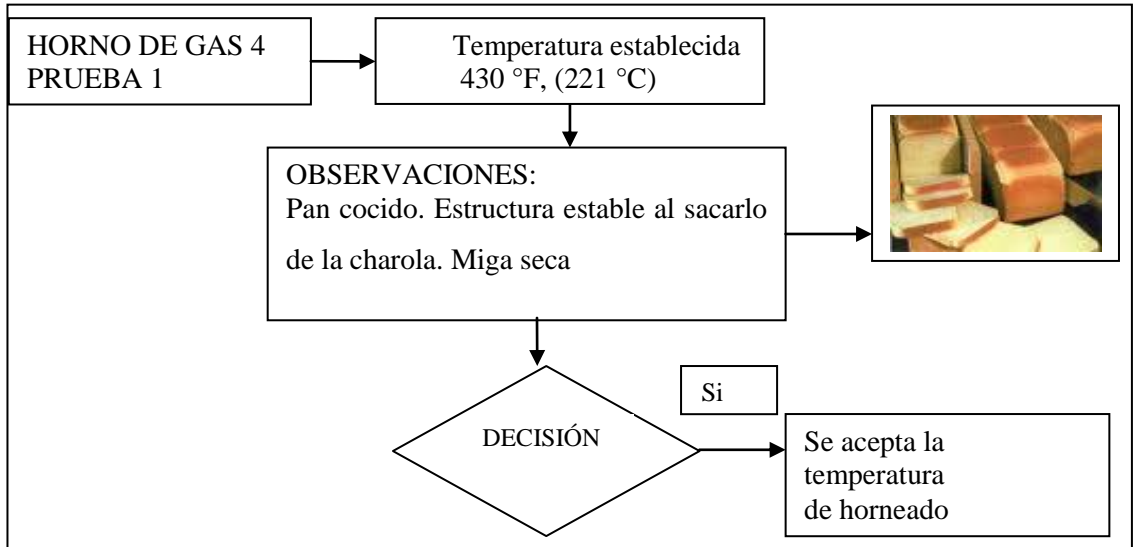


Figura 49. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan de caja en el horno de gas 4

Al hornear el pan de caja en el horno de gas 4 (figura 49), a la temperatura establecida de 430 °F. Se observó un pan bien cocido, por lo que, la temperatura de horneado no se modifico.

#### 4.2.1.2 Determinación de tiempo de horneado, pan de caja

También se determinaron los tiempos de horneado para cada horno, para la elaboración de pan de caja. Los parámetros sensoriales utilizados son el estado de la estructura, color de la caramelización en la superficie del pan. Los resultados se muestran a continuación.

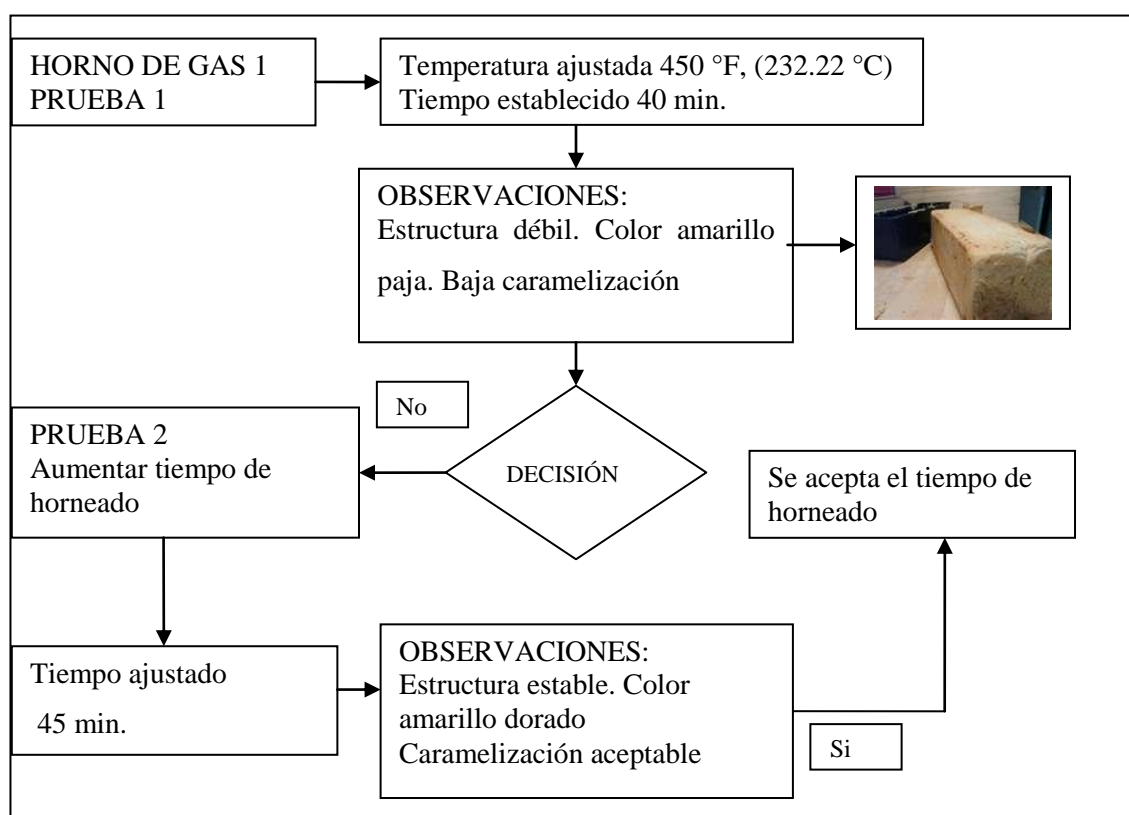


Figura 50. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan de caja en el horno de gas 1

Se horneó el pan de caja en el horno de gas 1 (figura 50), a la temperatura ajustada de 450 °F, (232.22 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 40 min. Se observó un color poco caramelizado en la superficie, por lo tanto, se decidió aumentar el

tiempo de horneado en intervalos de 5 min. Hasta obtener el tiempo adecuado. Se aumentó una vez hasta un tiempo de 45 min. Al realizar esta modificación, se obtuvo un color aceptable y característico, lo que probablemente sucedió fue que la reacción de caramelización no se llevó a cabo completa en 40 min.

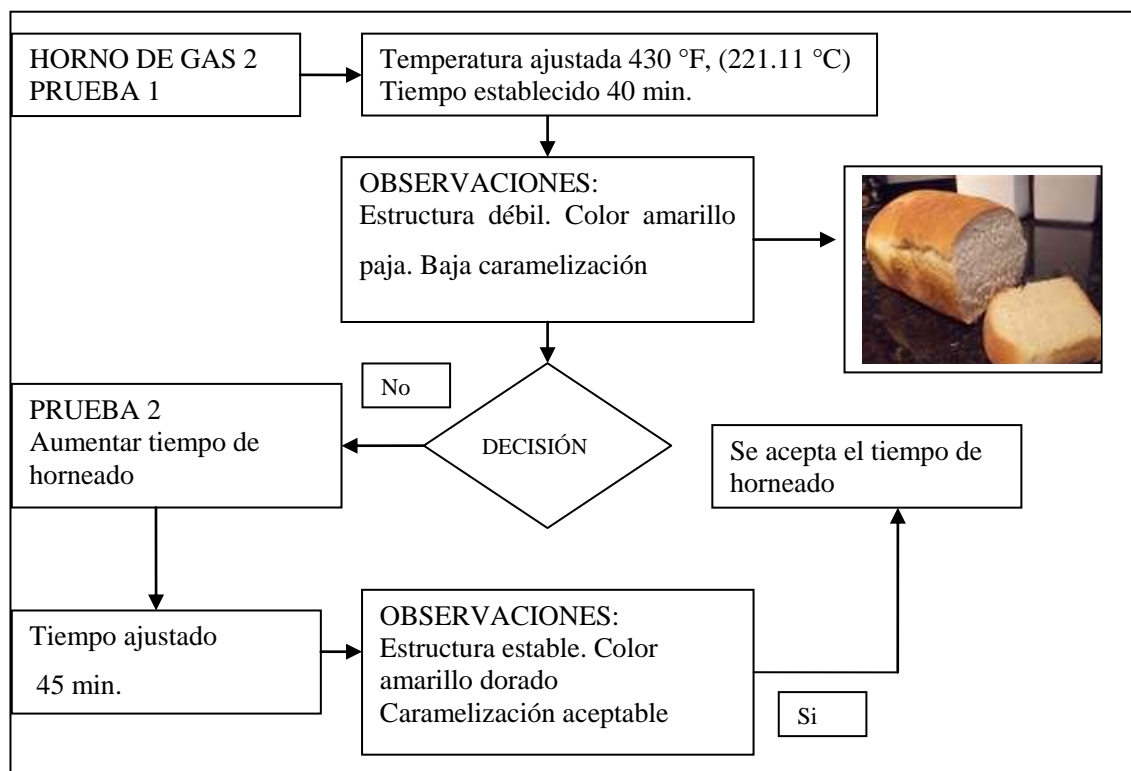


Figura 51. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan de caja en el horno de gas 2

Se horneó el pan de caja en el horno de gas 2 (figura 51), a la temperatura ajustada de 430 °F, (221.11 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 40 min. Se observó un color poco caramelizado, por lo que se dispuso un aumentó del tiempo en intervalos de 5 min. Se aumentó 1 vez hasta un tiempo de 45 min. El pan que se obtuvo fue característico en su color. Se horneó el pan de caja en el horno de gas 3 (figura 52), a la temperatura ajustada de 420 °F, (215.56 °C). Con un tiempo establecido de 40 min. Se observo un color aceptable.

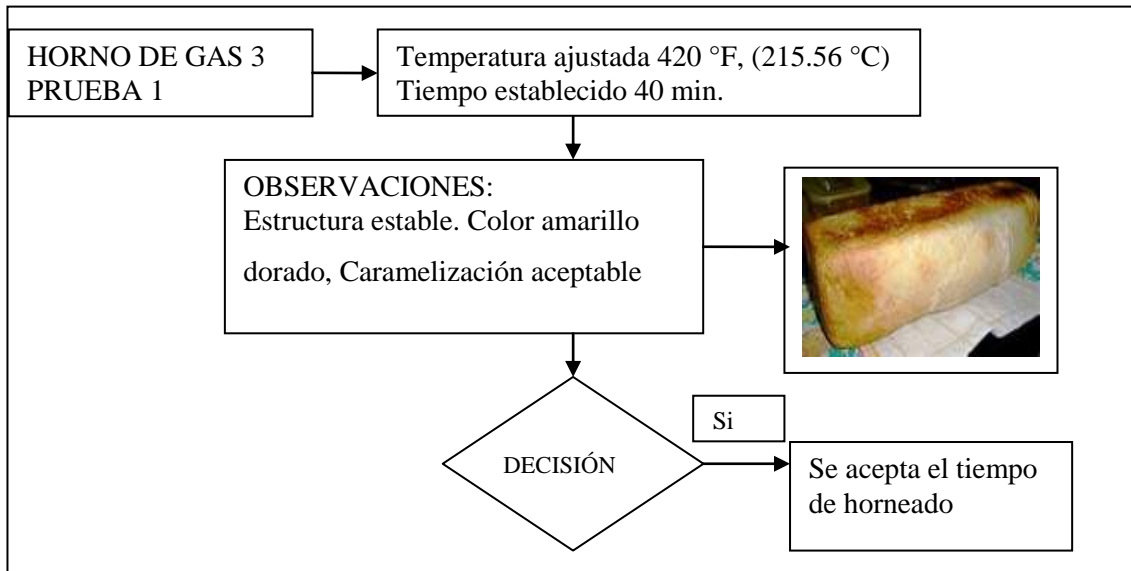


Figura 52. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan de caja en el horno de gas 3

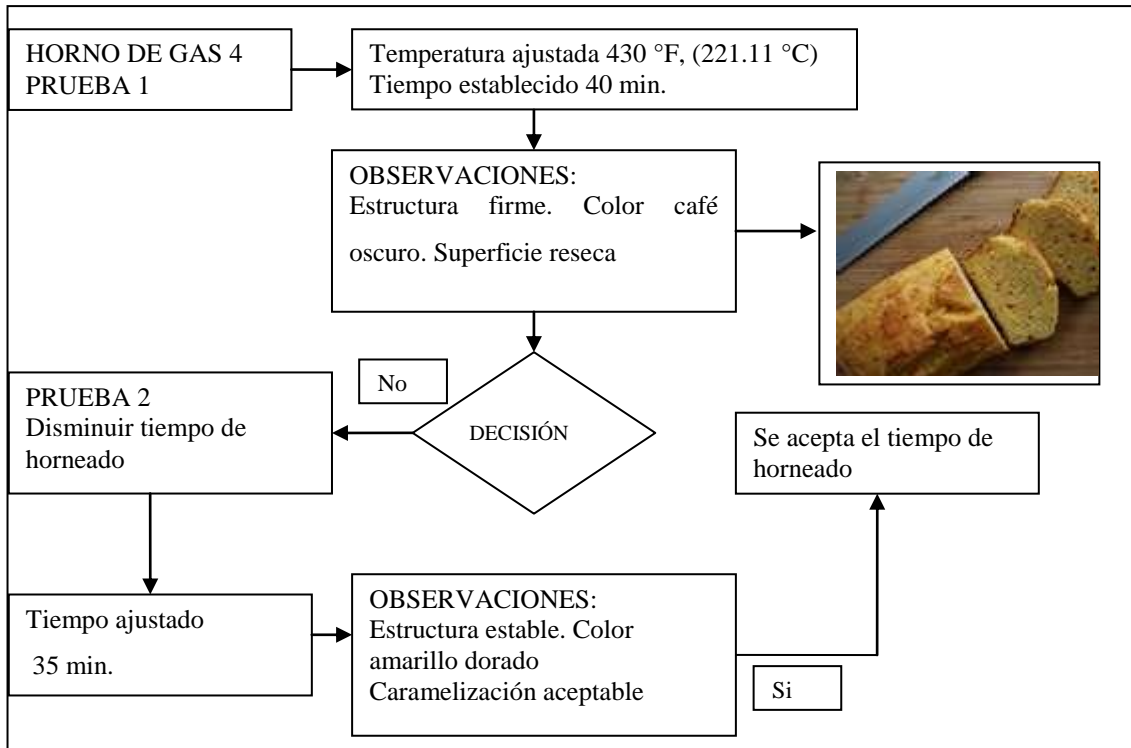


Figura 53. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan de caja en el horno de gas 4

Se horneó el pan de caja en el horno de gas 4 (figura 53), a la temperatura ajustada previamente de 430 °F, (221.11 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 40 min. Se observó un color oscuro, por lo que se propuso disminuir el tiempo de horneado en intervalos de 5 min. Se disminuyó 1 vez hasta un tiempo de 35 min. Los resultados obtenidos fueron; un color aceptable del pan.

En la tabla 8, se muestra el registro de las temperaturas óptimas empleadas por cada horno, en la cocción del pan de caja. Hay algunos panes que en el momento de hornearlos se necesita que se inyecte vapor dentro del horno, esto ayuda a que la corteza del pan no se reseque demasiado durante el proceso de cocción.

Tabla 8. Propuesta de tabla de estandarización de tiempo y temperatura para el horneado del pan de caja, en cada tipo de horno

HORNO	INYECCIÓN DE VAPOR	TEMPERATURA	TIEMPO	No. de Charola
HORNO DE GAS 1	X	450 °F, (232.22 °C)	45 min.	48
HORNO DE GAS 2	X	430 °F, (221.11 °C)	45 min.	25
HORNO DE GAS 3	X	420 °F, (215.56 °C)	40 min.	20
HORNO DE GAS 4	X	430 °F, (221.11 °C)	35 min.	96



## 4.2.2 Tablas de registro de temperaturas y tiempos de horneado para el bolillo

### 4.2.2.1 Determinación de temperatura de horneado, pan bolillo

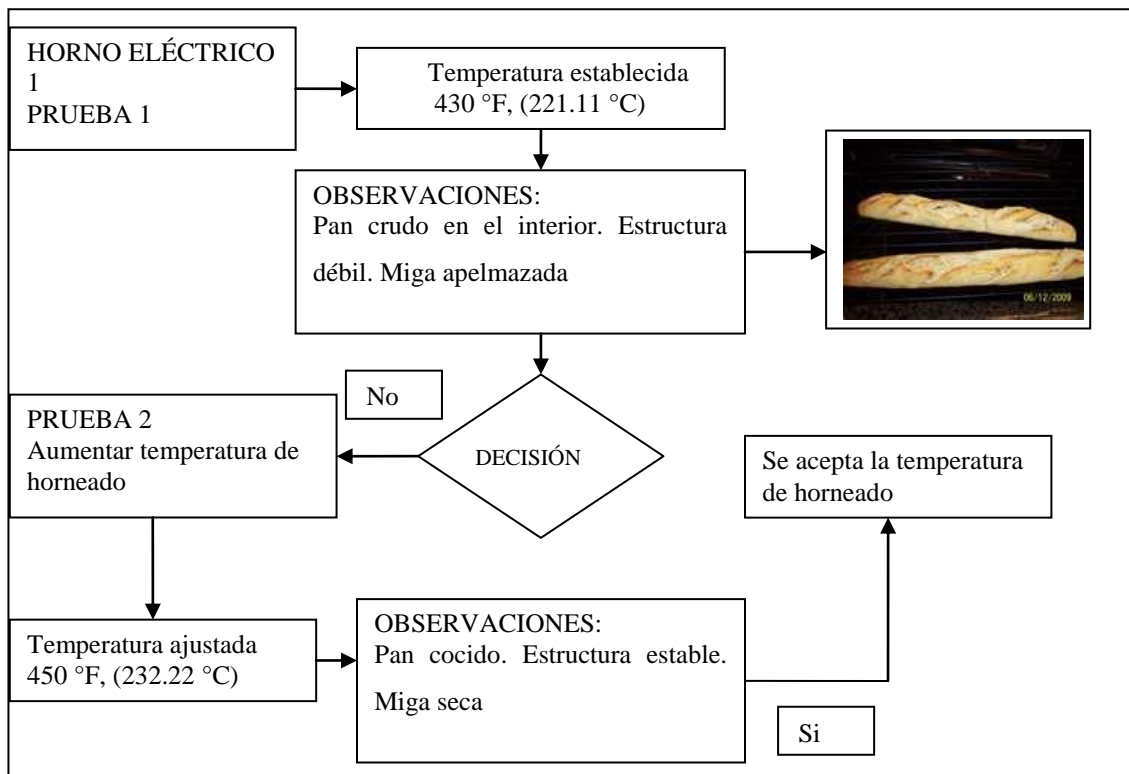


Figura 54. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bolillo en el horno eléctrico 1

Se horneó el pan bolillo en el horno eléctrico 1 (figura 54), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 430 °F, (221.11 °C), y se observó que el pan quedaba crudo, por lo que se dispuso aumentar la temperatura en intervalos de 10 °F, (12.22 °C). Se aumentó 2 veces la temperatura hasta 450 °F, (232.22 °C), obteniendo un pan bien cocido. Se horneó el pan bolillo en el horno eléctrico 2 (figura 55), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 430 °F, (221.11 °C), se observa que el pan esta quemado, se dispone a disminuir la temperatura en intervalos de 10 °F, (12.22 °C). Se disminuyó 3 veces la temperatura hasta 400 °F, (204.44 °C). Obteniendo un pan cocido.

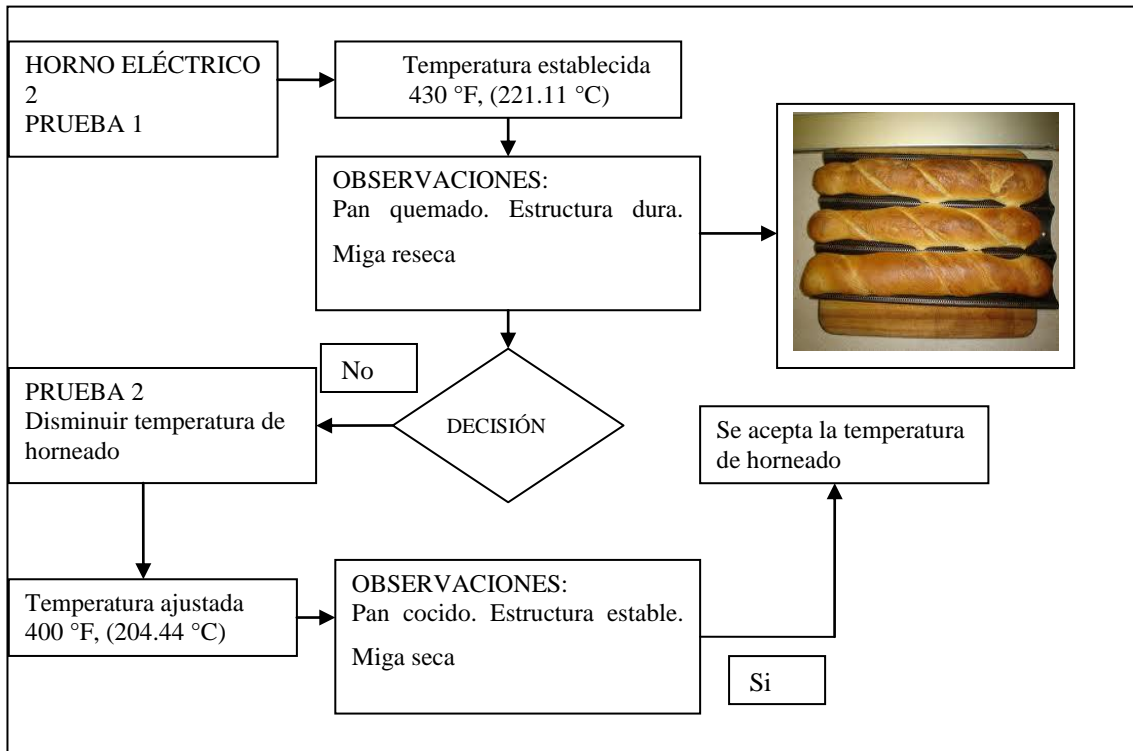


Figura 55. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bolillo en el horno eléctrico 2

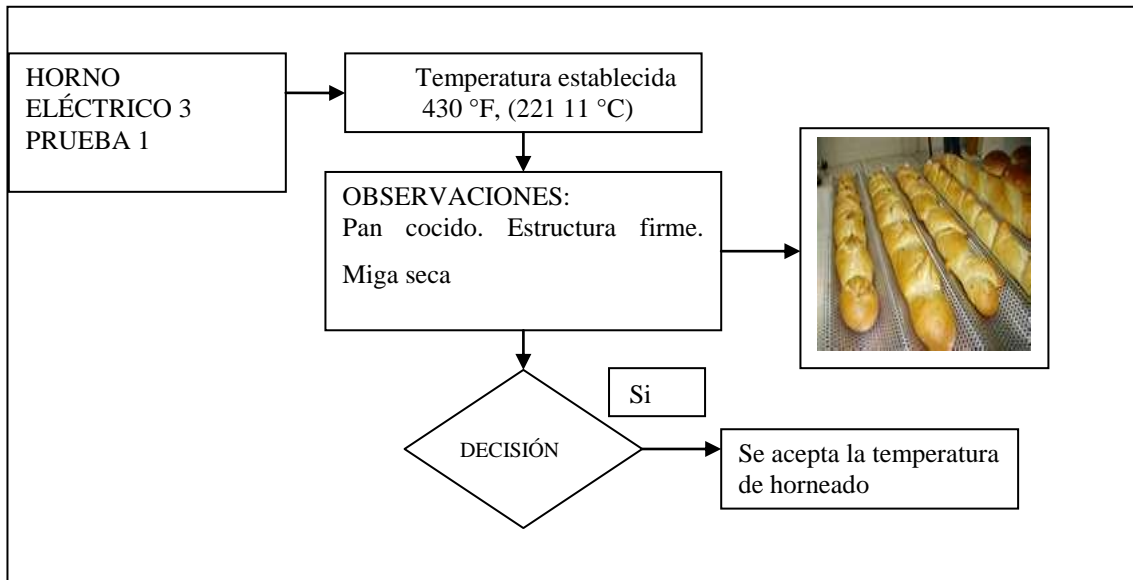


Figura 56. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bolillo en el horno eléctrico 3

Se horneó el pan bolillo en el horno eléctrico 3 (figura 56), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 430 °F, (221 11 °C). Se observa un pan cocido.

#### 4.2.2.2 Determinación de tiempo de horneado, pan bolillo

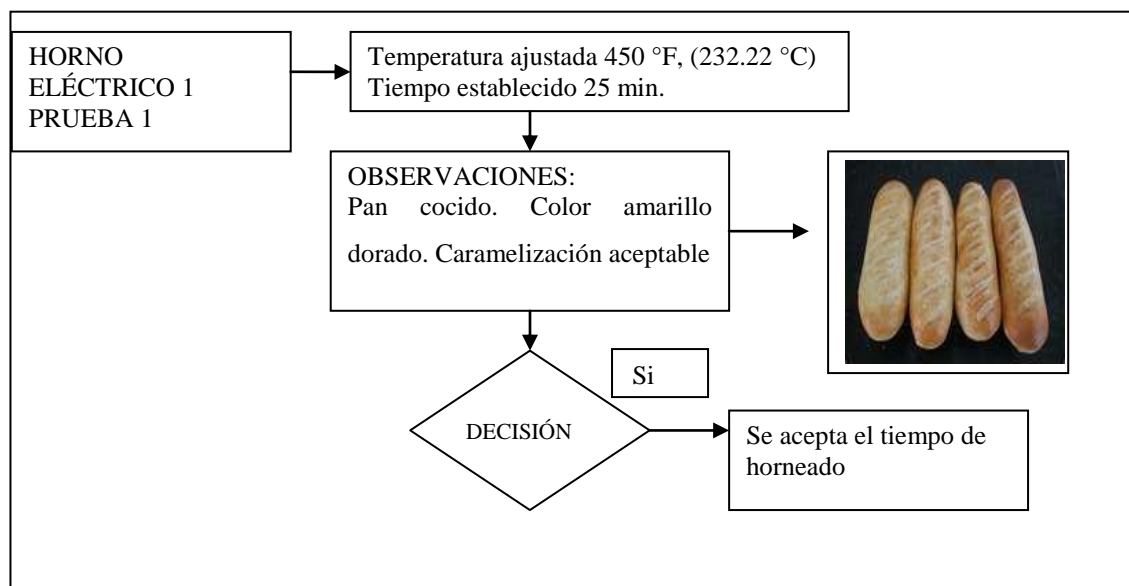


Figura 57. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bolillo en el horno eléctrico 1

Se horneó el pan de bolillo en el horno eléctrico 1 (figura 57), a la temperatura ajustada de 450 °F, (232.22 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 25 min. Se observa un color aceptable.

Se horneó el pan de bolillo en el horno eléctrico 2 (figura 58), a la temperatura ajustada de 400 °F, (204.44 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 25 min. Se observa un color poco caramelizado, se dispone a aumentar el tiempo de horneado en intervalos de 5 min. Se aumentó 1 vez hasta un tiempo de 30 min. Se obtiene un color aceptable.

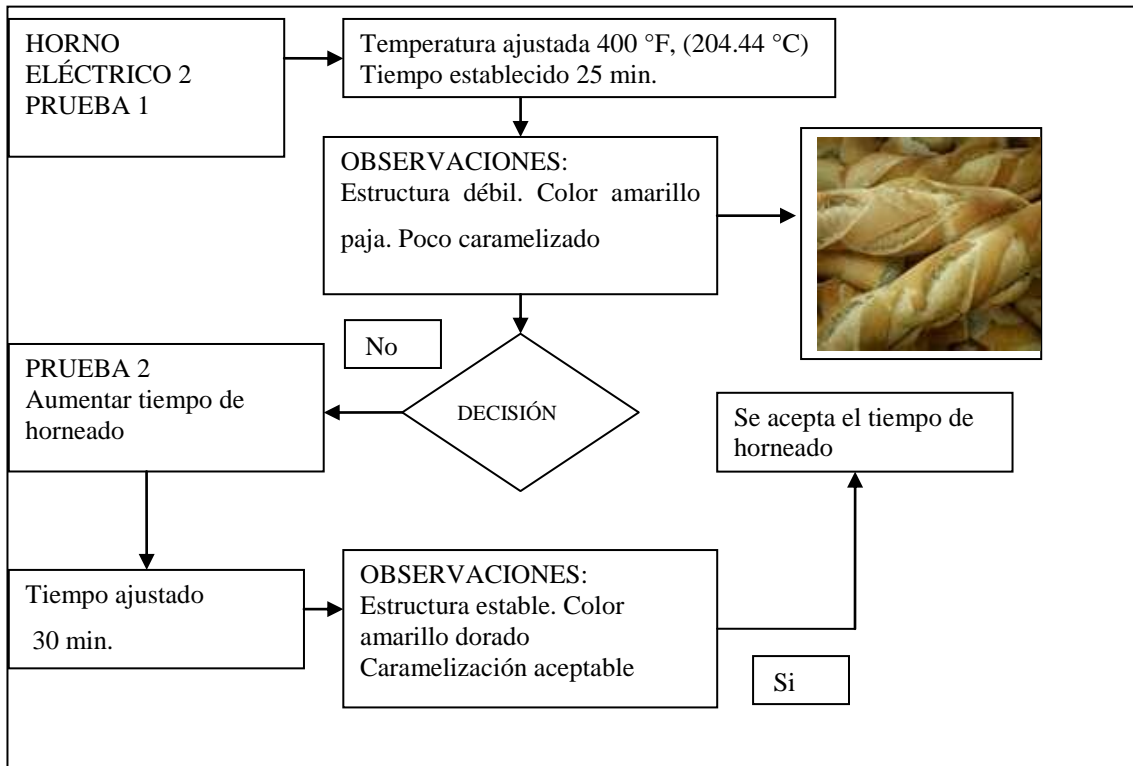


Figura 58. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bolillo en el horno eléctrico 2

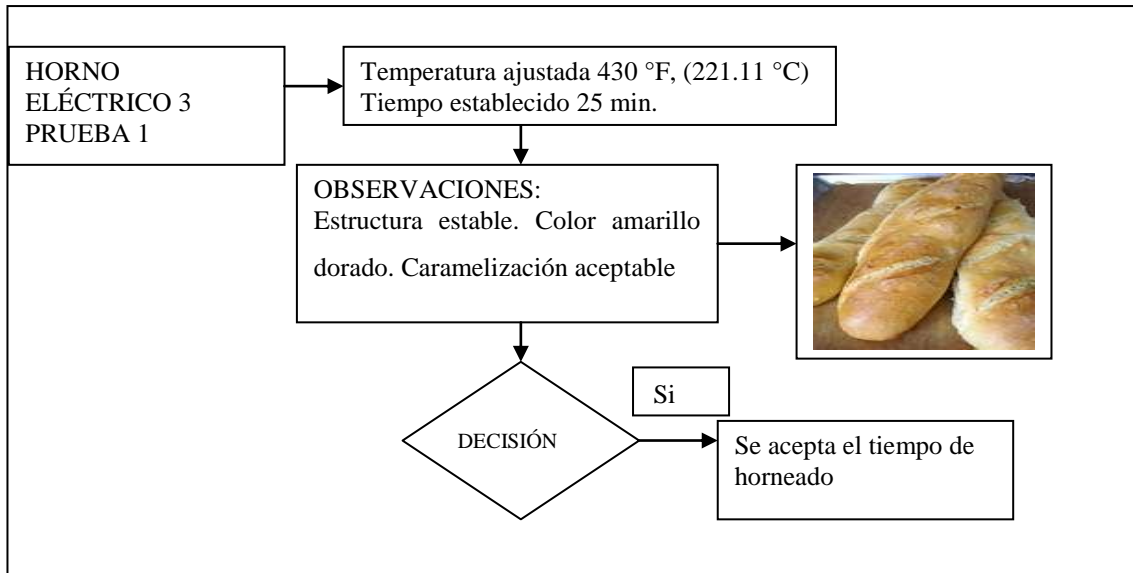


Figura 59. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bolillo en el horno eléctrico 3

Se horneó el pan bolillo en el horno eléctrico 3 (figura 59), a la temperatura ajustada de 430 °F, (221.11 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 25 min. Se observa un color aceptable.

Cuadro de evaluación del tiempo de horneado en diferentes hornos eléctricos, para el pan bolillo. En la tabla 9 se muestran las temperaturas, tiempos de inyección de vapor y tiempos de horneado para el pan bolillo, determinadas, probadas y analizadas.

Tabla 9. Propuesta de tabla de estandarización de temperaturas y tiempos de horneado del pan bolillo, en cada tipo de horno

HORNO	INYECCIÓN DE VAPOR	TEMPERATURA	TIEMPO	No. de Charola
HORNO ELÉCTRICO 1	15 segundos	450 °F, (232.22 °C)	25 min.	48
HORNO ELÉCTRICO 2	20 segundos	400 °F, (204.44 °C)	30 min.	19
HORNO ELÉCTRICO 3	15 segundos	430 °F, (221.11 °C)	25 min.	16

#### ***4.2.3 Tabla de registro de temperaturas y tiempos de horneado para el pan baguette***

##### *4.2.3.1 Determinación de temperatura de horneado, pan baguette*

Se horneó el pan baguette en el horno de gas 1 (figura 60), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 430 °F, (221.11 °C). Se obtiene un pan cocido.

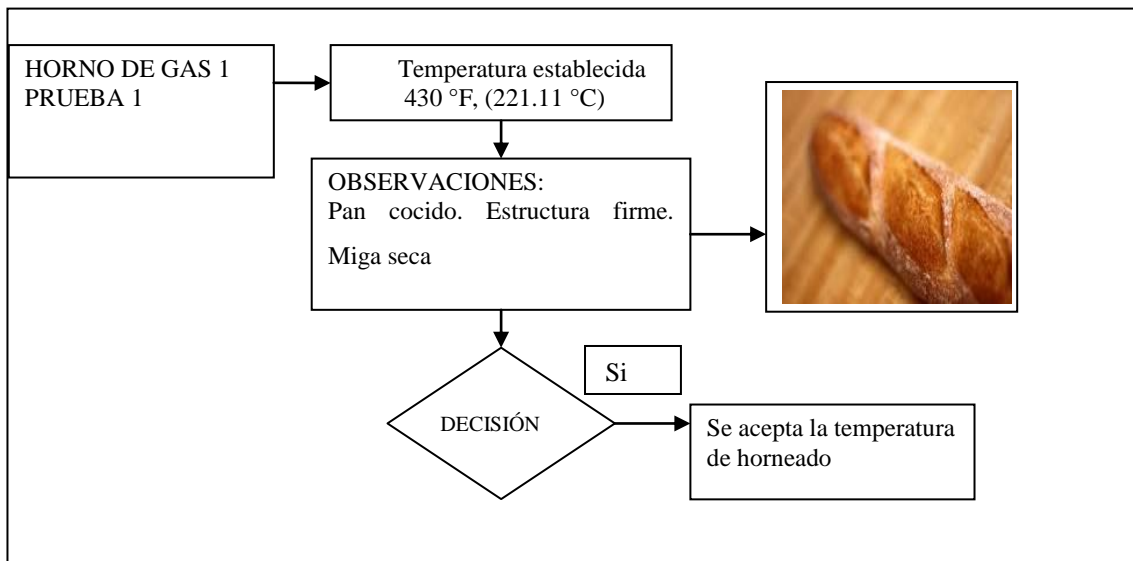


Figura 60. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan baguette en el horno de gas 1

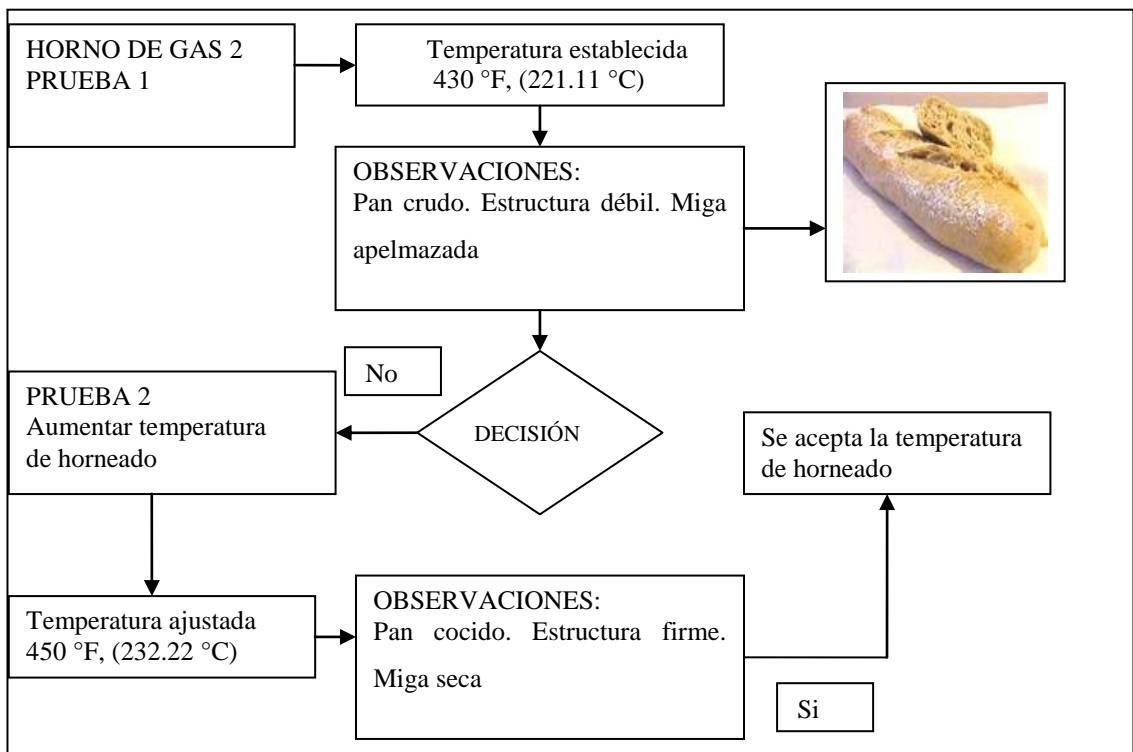


Figura 61. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan baguette en el horno de gas 2

Se horneó el pan baguette en el horno de gas 2 (figura 61), a la temperatura establecida por el personal de horneado de 430 °F, (221.11 °C). Se observa que el pan esta crudo, se dispone a aumentar la temperatura en intervalos de 10 °F, (12.22 °C). Se aumentó 2 veces la temperatura hasta 450 °F, (232.22 °C). Obteniendo un pan cocido.

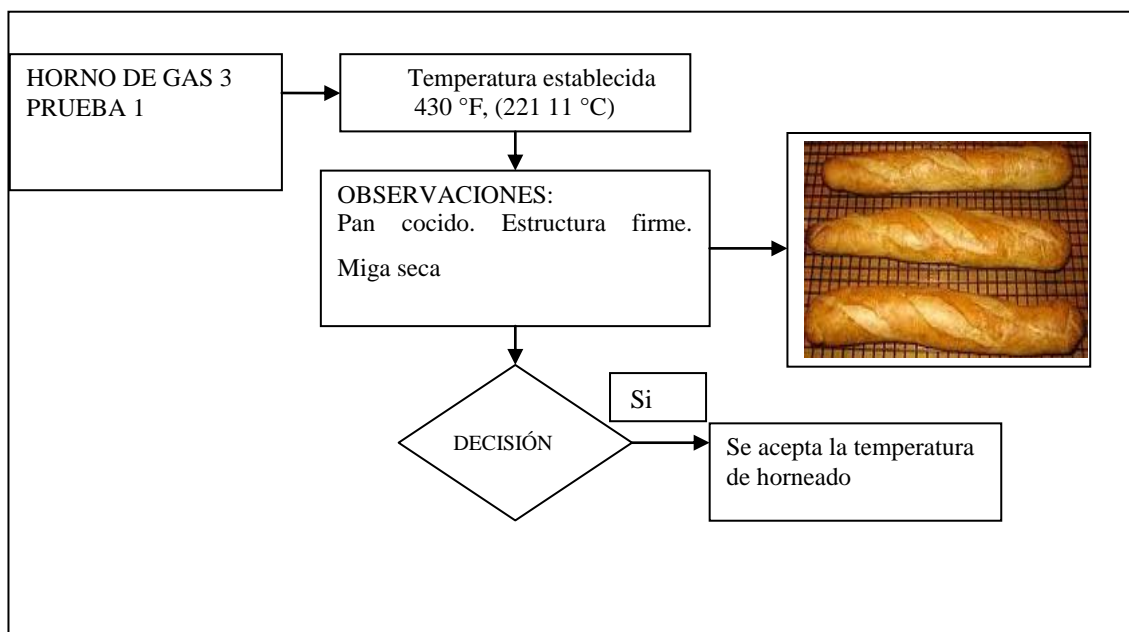


Figura 62. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan baguette en el horno de gas 3

Se horneó el pan baguette en el horno de gas 3 (figura 62), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 430 °F, (221.11 °C). Se observa un pan cocido.

#### 4.2.3.2 Determinación de tiempo de horneado, pan baguette

Se horneó el pan de baguette en el horno de gas 1 (figura 63), a la temperatura ajustada de 430 °F, (221.11 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 45 min. Se observa un color poco caramelizado, se dispone a aumentar el tiempo de horneado en intervalos de 5 min. Se aumentó 1 vez hasta un tiempo de 50 min. Se obtiene un color aceptable.

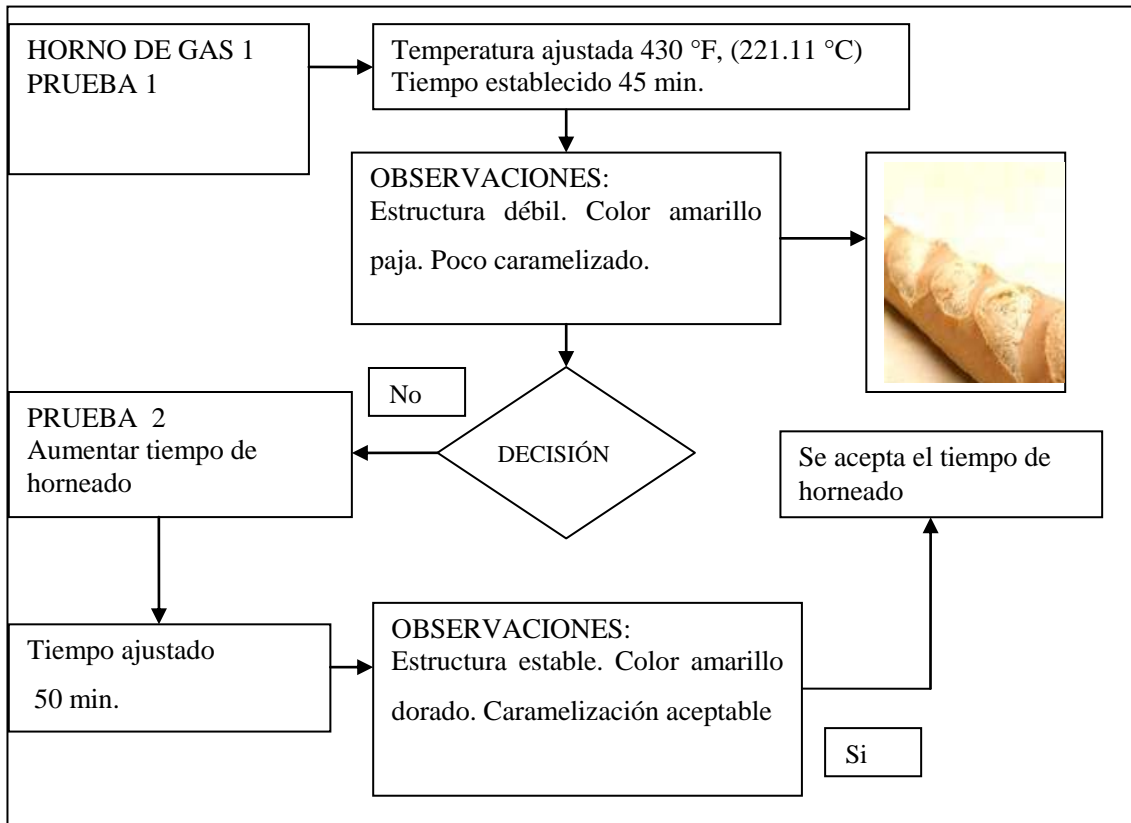


Figura 63. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan baguette en el horno de gas 1

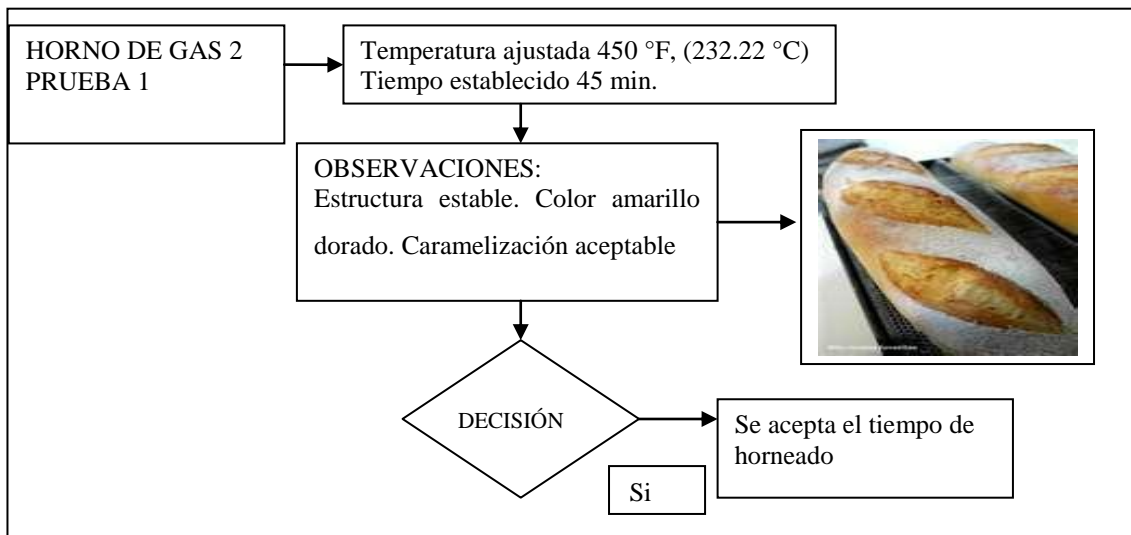


Figura 64. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan baguette en el horno de gas 2



Se horneó el pan de baguette en el horno de gas 2 (figura 64), a la temperatura ajustada de 450 °F, (232.22 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 45 min. Se observa un color aceptable.

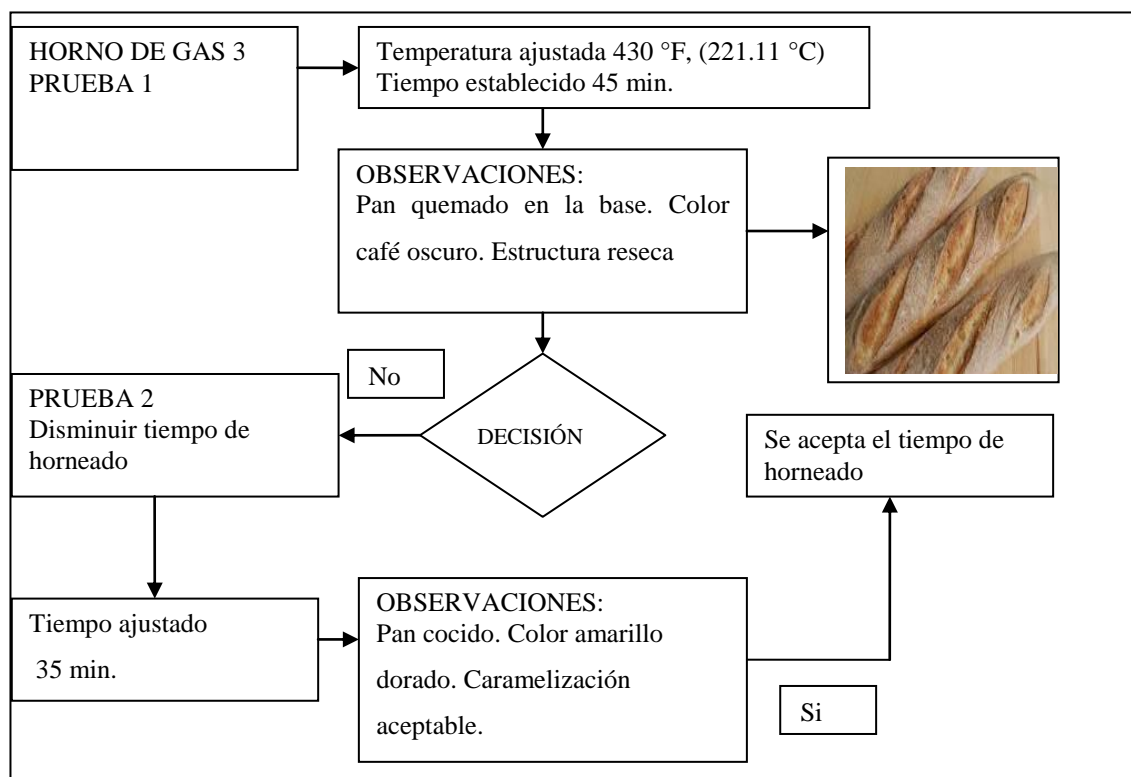


Figura 65. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan baguette en el horno de gas 3

Se horneó el pan de baguette en el horno de gas 3 (figura 65), a la temperatura ajustada de 430 °F, (221.11 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 45 min. Se observa un color oscuro, se dispone a disminuir el tiempo de horneado en intervalos de 5 min. Se disminuyó 2 veces hasta un tiempo de 35 min. Se obtiene un color aceptable.

Cuadro de evaluación del tiempo de horneado en diferentes hornos de gas, para el pan de baguette. En la tabla 10 se muestran las temperaturas, tiempos de horneado para el pan de baguette, determinadas, probadas y analizadas.

Tabla 10. Propuesta de tabla de estandarización de temperaturas y tiempos de horneado para el pan baguette, en cada tipo de horno

	INYECCIÓN DE VAPOR	TEMPERATURA	TIEMPO	No. PLATAFORMA
HORNO GAS 1	X	430 °F, (221.11 °C)	50 minutos	8
HORNO GAS 2	X	450 °F, (232.22 °C)	45 minutos	6
HORNO GAS 3	X	430 °F, (221.11 °C)	35 minutos	5

#### 4.2.4 Tabla de registro de temperaturas y tiempos de horneado para el pan bollo

##### 4.2.4.1 Determinación de temperatura de horneado, pan bollo

Se horneó el pan bollo en el horno eléctrico 1 (figura 66), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 350 °F, (176.67 °C). Se observa que el pan esta crudo, se dispone a aumentar la temperatura en intervalos de 10 °F, (12.22 °C). Se aumentó 5 veces la temperatura hasta 400 °F, (204.44 °C). Obteniendo un pan cocido.

Se horneó el pan bollo en el horno eléctrico 2 (figura 67), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 350 °F, (176.67 °C). Se observa un pan cocido. La temperatura es aceptable.

Se horneó el pan bollo en el horno eléctrico 3 (figura 68), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 350 °F, (176.67 °C). Se observa un pan cocido. La temperatura es aceptable.

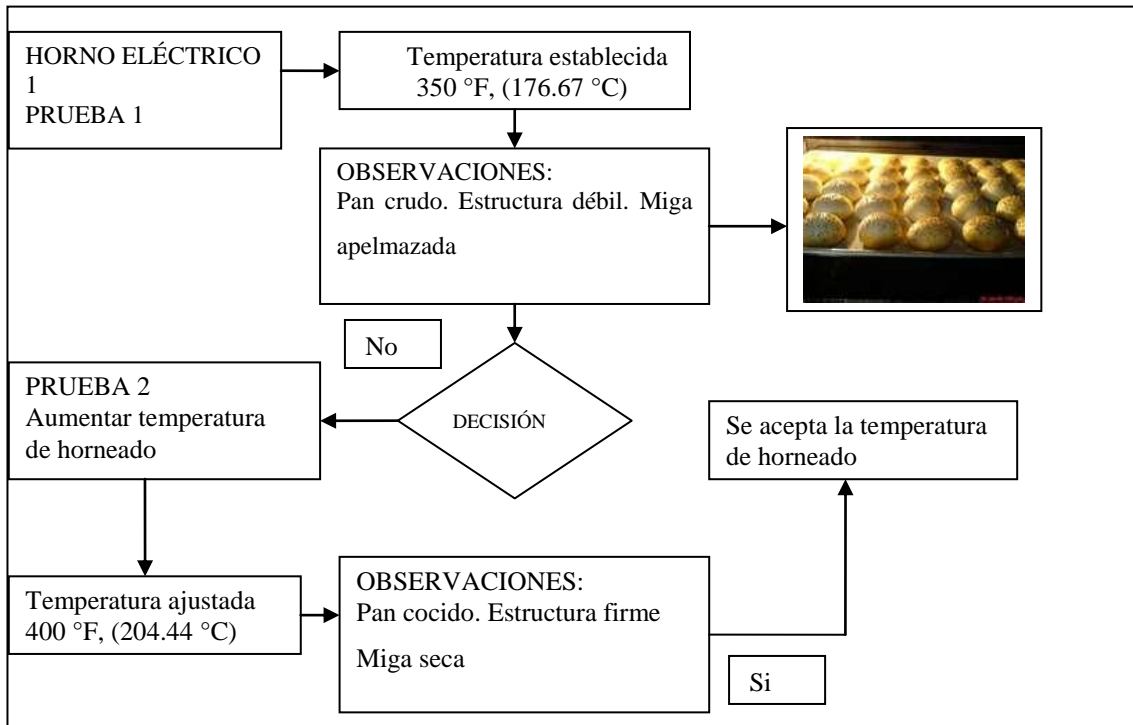


Figura 66. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bollo en el horno eléctrico 1

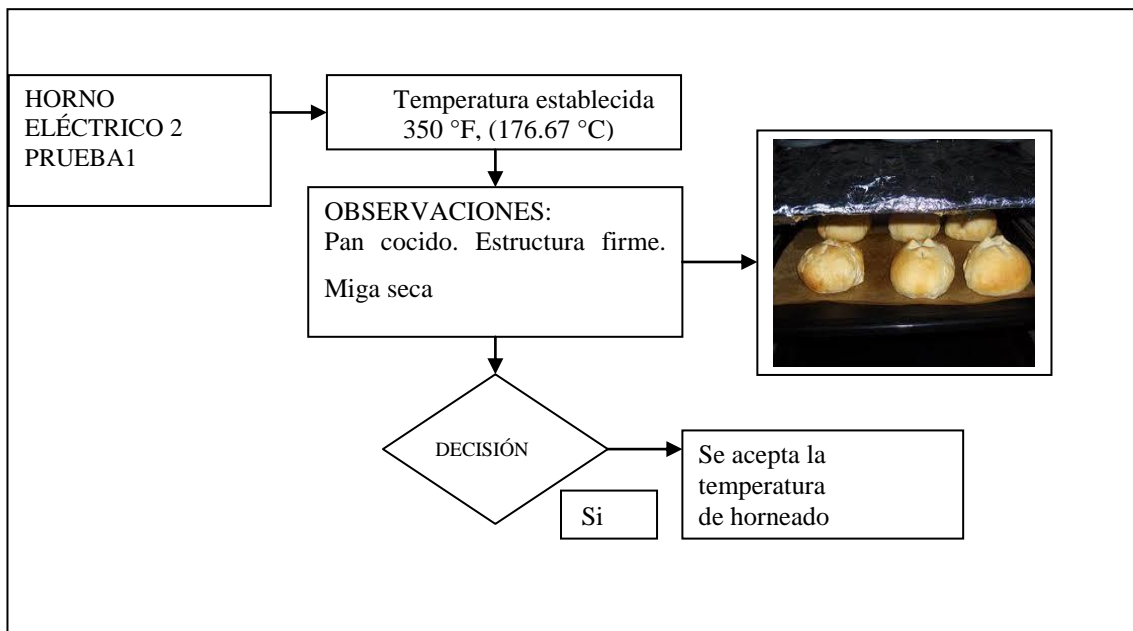


Figura 67. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bollo en el horno eléctrico 2

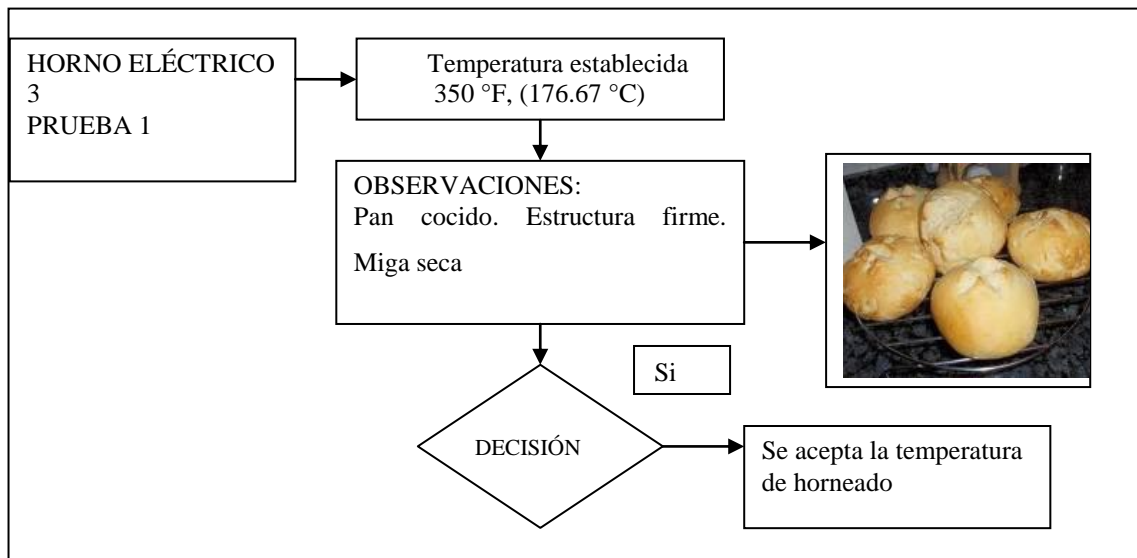


Figura 68. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan bollo, en el horno eléctrico 3

#### 4.2.4.2 Determinación de tiempo de horneado, pan bollo

Se horneó el pan de bollo en el horno eléctrico 1 (figura 69), a la temperatura ajustada de 400 °F, (204.44 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 25 min. Se observa un color café oscuro, se dispone a disminuir el tiempo de horneado en intervalos de 5 min. Se disminuyó 3 veces hasta un tiempo de 18 min. Se obtiene un color aceptable. Se horneó el pan de bollo en el horno eléctrico 2 (figura 70), a la temperatura ajustada de 350 °F, (176.67 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 25 min. Se observa un color café oscuro, se dispone a disminuir el tiempo de horneado en intervalos de 5 min. Se disminuyó 2 vez hasta un tiempo de 22 min. Se obtiene un color aceptable. Se horneó el pan de bollo en el horno eléctrico 3 (figura 71), a la temperatura ajustada de 350 °F, (176.67 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 25 min. Se observa un color poco caramelizado, se dispone a aumentar el tiempo de horneado en intervalos de 5 min. Se aumentó 1 vez hasta un tiempo de 30 min. Se obtiene un color aceptable

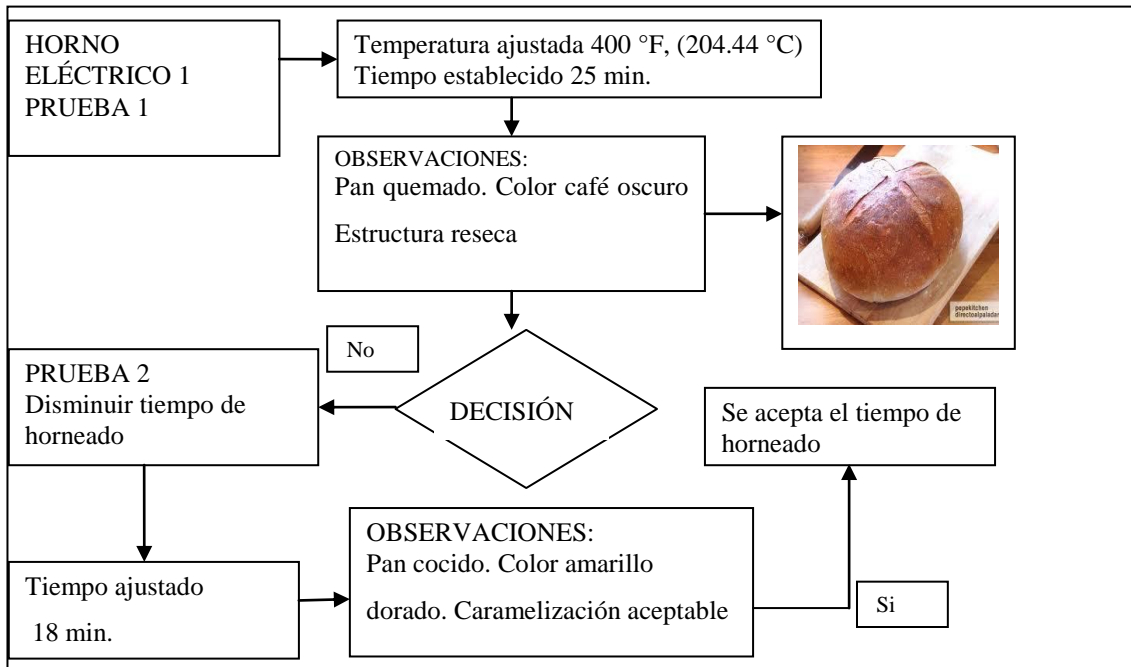


Figura 69. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bollo en el horno eléctrico 1

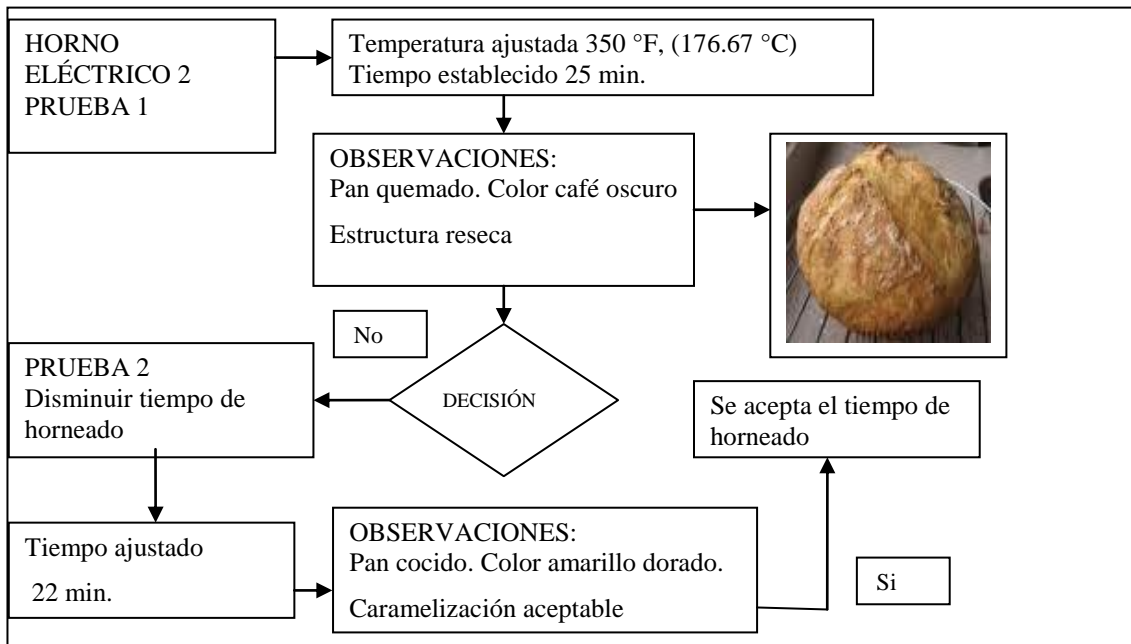


Figura 70. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bollo en el horno eléctrico 2

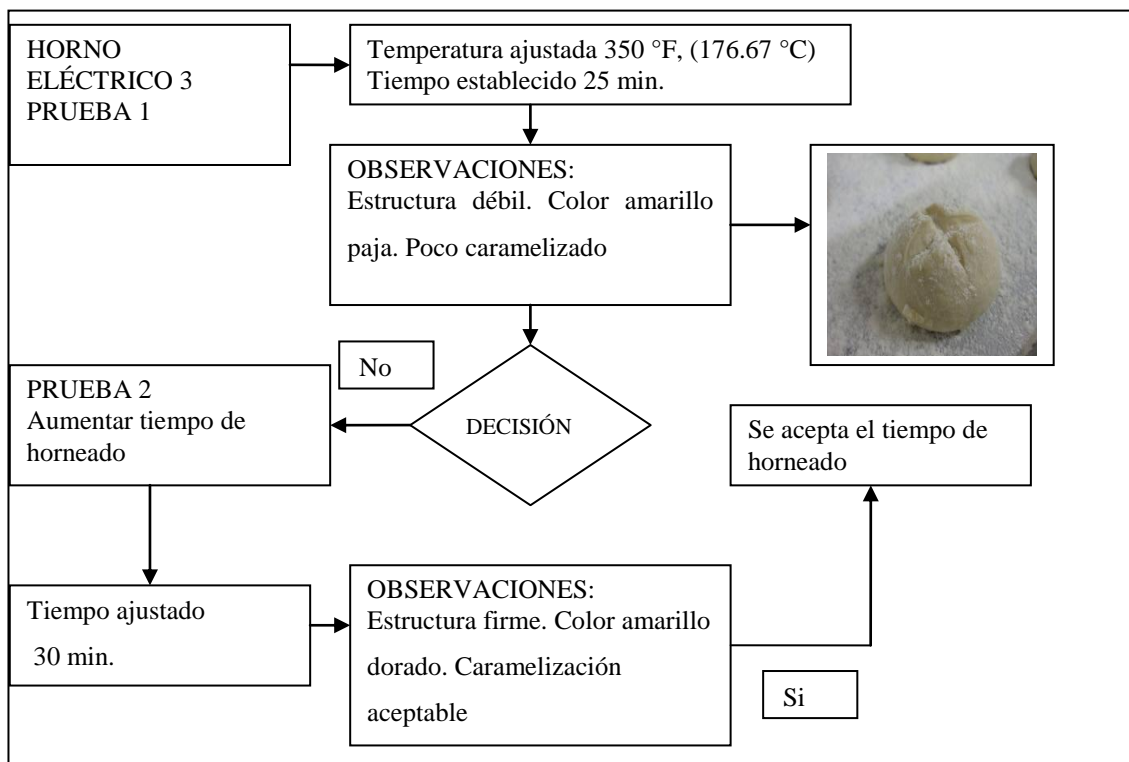


Figura 71. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan bollo en el horno eléctrico 3

Tabla 11. Propuesta de tabla de estandarización de temperaturas y tiempos de horneado para el pan bollo, en cada tipo de horno

	INYECCIÓN DE VAPOR	TEMPERATURA	TIEMPO	No. CHAROLAS
HORNO ELÉCTRICO 1	10 segundos	400 °F, (204.44 °C)	18 minutos	48
HORNO ELÉCTRICO 2	15 segundos	350 °F, (176.67 °C)	22 minutos	19
HORNO ELÉCTRICO 3	10 segundos	350 °F, (176.67 °C)	30 minutos	16

En la tabla 11 se muestran las temperaturas y tiempos de horneado determinadas para el pan bollo.

#### 4.2.5 Tabla de registro de temperaturas y tiempos de horneado para el pan plano

##### 4.2.5.1 Determinación de temperatura de horneado, pan plano

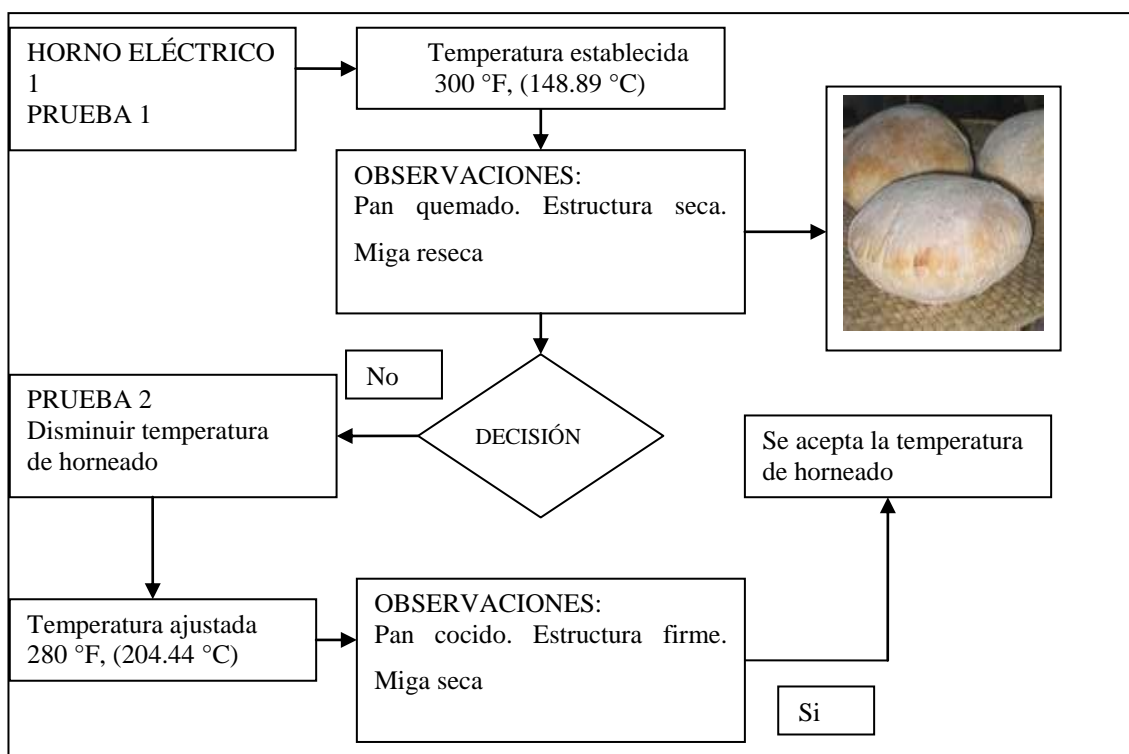


Figura 72. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan plano, en el horno eléctrico 1

Se horneó el pan plano en el horno eléctrico 1 (figura 72), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 300 °F, (148.89 °C). Se observa que el pan está quemado, se dispone a disminuir la temperatura en intervalos de 10 °F, (12.22 °C). Se disminuyó 2 veces la temperatura hasta 280 °F, (204.44 °C), obteniendo un pan cocido.

Se horneó el pan plano en el horno eléctrico 2 (figura 73), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 300 °F, (148.89 °C). Se observa un pan cocido. La temperatura es aceptable.

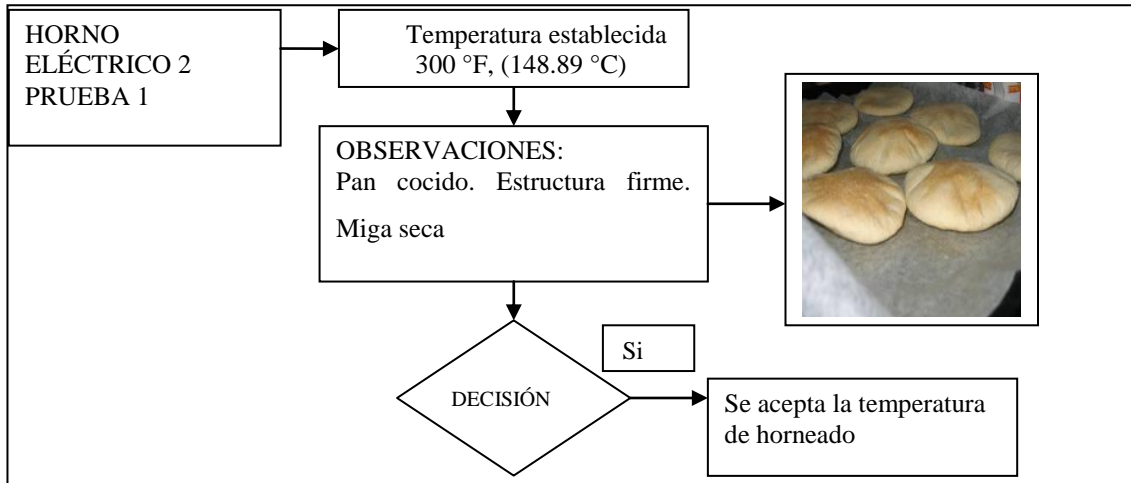


Figura 73. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan plano en el horno eléctrico 2

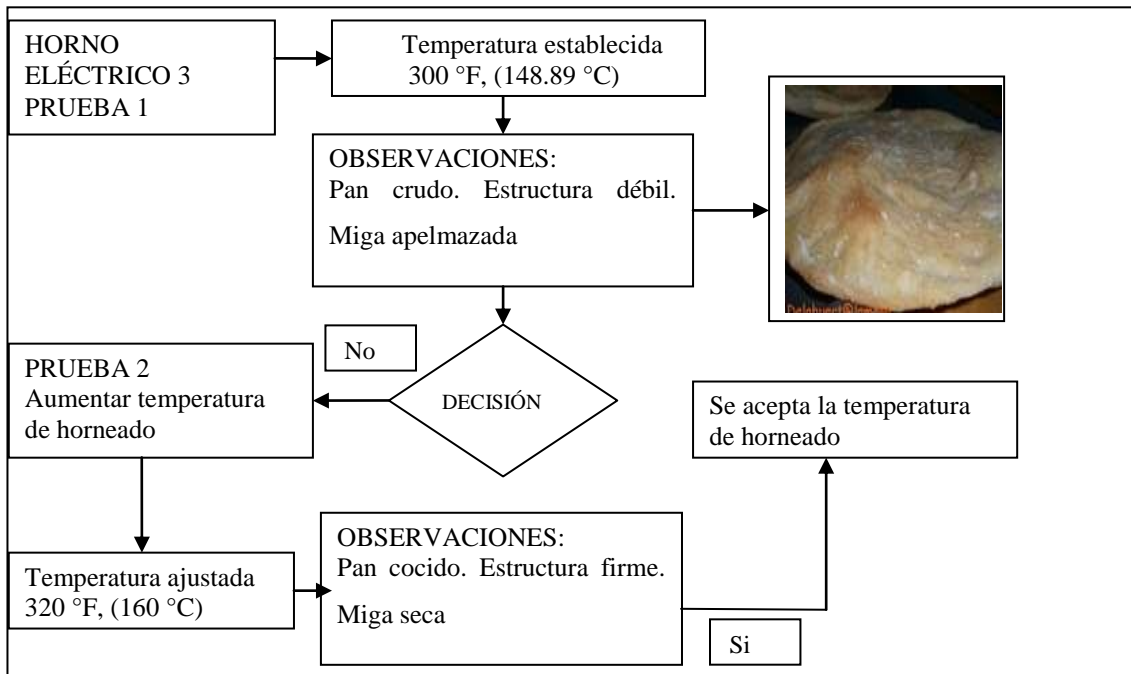


Figura 74. Diagrama temperaturas de horneado establecida y ajustada, para el pan plano en el horno eléctrico 3



Se horneó el pan plano en el horno eléctrico 3 (figura 74), a la temperatura establecida por el personal del área de horneado de 300 °F, (148.89 °C). Se observa que el pan esta crudo, se dispone a aumentar la temperatura en intervalos de 10 °F, (12.22 °C). Se aumentó 2 veces la temperatura hasta 320 °F, (160 °C). Obteniendo un pan cocido.

#### 4.2.5.2 Determinación de tiempo de horneado, pan plano

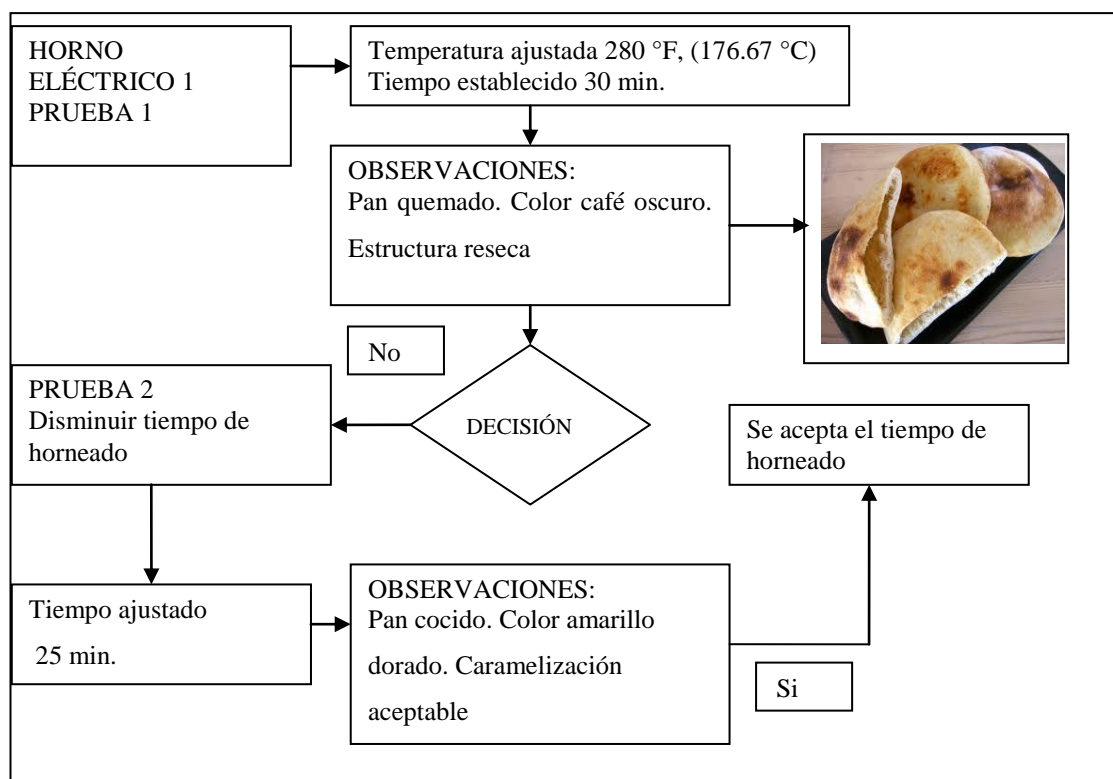


Figura 75. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan plano en el horno eléctrico 1

Se horneó el pan plano en el horno eléctrico 1 (figura 75), a la temperatura ajustada de 280 °F, (176.67 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 30 min. Se observa un color café oscuro, se dispone a disminuir el tiempo de horneado en intervalos de 5 min. Se disminuyó 1 vez hasta un tiempo de 25 min. Se obtiene un color aceptable.

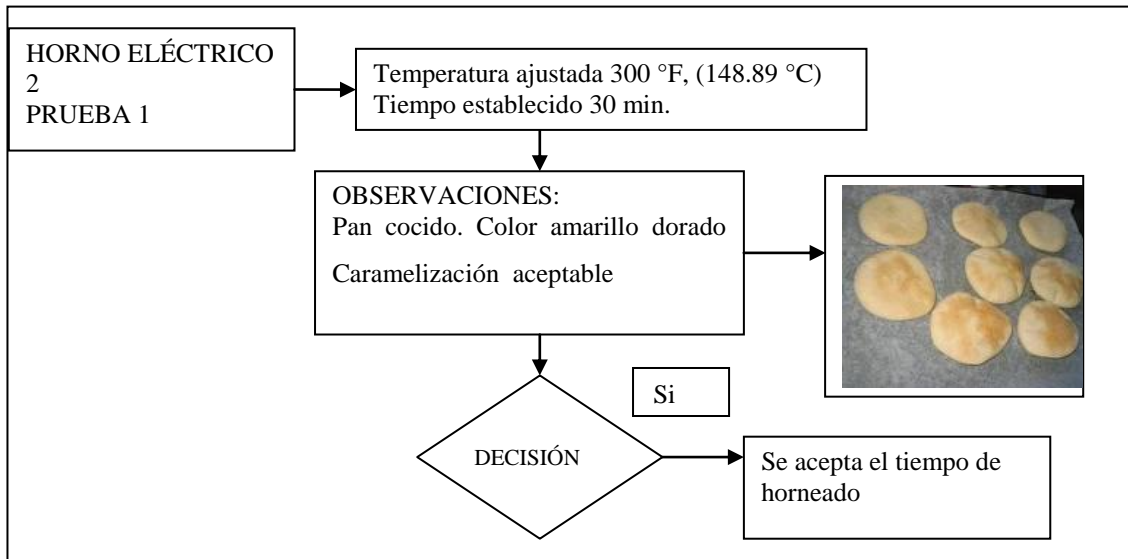


Figura 76. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan plano en el horno eléctrico 2

Se horneó el pan plano en el horno eléctrico 2 (figura 76), a la temperatura ajustada de 300 °F, (148.89 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 30 min. Se observa un color aceptable.

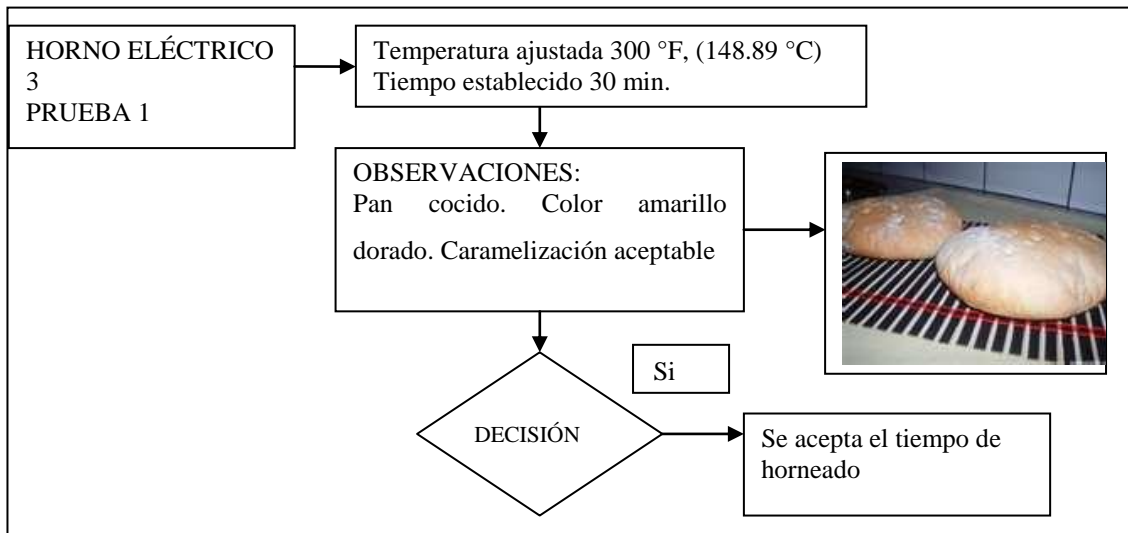


Figura 77. Diagrama tiempos de horneado establecido y ajustado, para el pan plano en el horno eléctrico 3

Se horneó el pan plano en el horno eléctrico 3 (figura 77), a la temperatura ajustada de 300 °F, (148.89 °C). Con un tiempo establecido por el personal del área de horneado de 30 min. Se observa un color aceptable.

Cuadro de evaluación de la temperatura de horneado en diferentes hornos eléctricos, para el pan plano. En la tabla 12 se presentan las temperaturas y tiempos de horneado para el pan plano.

Tabla 12. Propuesta de tabla de estandarización de temperaturas y tiempos de horneado para el pan plano, en cada tipo de horno

	INYECCIÓN DE VAPOR	TEMPERATURA	TIEMPO	No. CHAROLAS
HORNO ELÉCTRICO 1	X	280 °F, (137.78 °C)	25 minutos	48
HORNO ELÉCTRICO 2	X	300 °F, (148.89 °C)	30 minutos	19
HORNO ELÉCTRICO 3	X	320 °F, (160 °C)	30 minutos	16

El uso de las tablas de temperatura y tiempos de horneado, fue de gran utilidad, ya que se obtuvo un registro de las condiciones de operación de cada horno, dependiendo del tipo de pan a hornear y se redujeron los defectos de pan crudo o pan quemado.

Los defectos generados en las etapas de fermentación y horneado, causan pérdidas de un 18.3 %. Para poder controlar estas variaciones, resultó exitoso el registro de las diferencias entre los hornos, ya que estas diferencias entre equipos son provocadas por el tipo de energía empleada, mecanismos de transferencia de calor (conducción, convección) capacidad, y diseño interno entre otras. Se documentaron estas variables, para conocer las

causas de las variaciones y como afectaba a las temperaturas y tiempos óptimos de horneado para cada tipo de pan. Se concluyó que se debe tener un registro y control de estos datos para usarlos en producción. Las tablas de registros realizadas, controlaron las perdidas totales en un 17.6 % reduciendo estos defectos hasta un 96.1 %. En la tabla 13 se muestran las perdidas causadas por falta de estandarización de las etapas de fermentación y horneado, así como el control de pérdidas después de la estandarización.

Tabla 13. Control de perdidas en el área de horneado

	<b>Lote</b>	<b>Perdidas</b>	<b>Control de perdidas en Fermentación</b>	<b>Control de perdidas en horneado</b>
Pan de caja	756 panes	102 panes (13.4 %)	71 panes (9.3 %)	22 panes (2.9 %)
Pan bolillo	308 panes	40 panes (12.9 %)	23 panes (7.4 %)	14 panes (4.5 %)
Pan baguette	19 panes	7 panes (36.8 %)	3 panes (15.7 %)	2 panes (10.5 %)
Pan bollo	498 panes	82 panes (16.4 %)	54 panes (10.8 %)	23 panes (4.6 %)
Pan plano	498 panes	60 panes (12 %)	No se fermenta.	57 panes (11.4 %)
Promedio total		18.3 % En perdidas	10.8 % Control de perdidas	6.8 % Control de perdidas

#### 4.3 Importancia de la planeación de la producción en el área de horneado

A continuación se muestra la tabla 14, que se realizó con base en los datos recopilados en el área de horneado y mostrados en los incisos anteriores (tiempos de fermentación, tiempos de inyección de vapor y tiempos de horneado). Este diagrama ayudaría a tener una idea más clara de los tiempos manejados en el proceso para cada pan, y con esto poder planear la

producción de forma más fácil, reduciendo pérdidas, llevando un control de los tiempos de fermentación y los tiempos de horneado. Además, ayudó a administrar los hornos disponibles para el siguiente lote de producción. También, se redujeron tiempos muertos en el proceso, por falta de planeación y se pudo lograr una producción semicontinua.

Tabla 14. Propuesta de tabla de tiempos de producción del área de horneado

	TIEMPO DE FERMENTACIÓN						INYECCIÓN DE VAPOR				TIEMPO DE HORNEADO								
	1	2	3	4	5		5	10	15	20	10	20	30	40	50	60	70	80	90
PAN DE CAJA						HG1													45
						HG2													45
						HG3								40	40				
						HG4								35					
BOLILLO						HE1				20				25					
						HE2			15					30					
						HE3				20				25					
BAGUET.						HG1													45
						HG2													60
						HG3													90
BOLLO						HE1			15					18					
						HE2.		10						22					
						HE3			15					30					
PAN PLANO	No se fermenta					HE1								25					
						HE2								30					
						HE3								30					
	1	2	3	4	5		5	10	15	20	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Horas						Segundos				Minutos								

Esta tabla, cuenta con los tiempos empleados para los diferentes tipos de masas, para las etapas de fermentación en horas, además de incluir la etapa de horneado según el tipo de horno a usar y si se utiliza la inyección de vapor dentro del horno, según el tipo de pan a elaborar y finalmente el tiempo de horneado (minutos) para cada tipo de pan y horno.

Por otra parte, la tabla de tiempos ayudó a reducir los defectos de masa sobrefermentada, por falta de hornos disponibles. Así como la mejor distribución de los lotes de masas en el proceso de horneado y a mejorar los tiempos de producción, al disminuir tiempos “muertos”.

El control de tiempos y movimientos en el área de horneado y área de fermentación, es un punto crítico a controlar, ya que se debe tener en cuenta que hay un número limitado de hornos y se necesita planear, para disponer siempre del horno adecuado y preajustado a la temperatura necesaria para el tipo de masa y así poder mantener una producción semicontinua, evitando pérdidas por sobrefermentación de la masa.

Tabla 15. Reducción de pérdidas por organización de la producción

	<b>Lote</b>	<b>Perdida en el área de fermentación y horneado</b>	<b>Reducción de perdidas por organización en la planeación</b>
<i>Pan de caja</i>	<i>756 panes</i>	<i>64 panes (8.4%)</i>	<i>16 panes (2.1%)</i>
<i>Pan bolillo</i>	<i>308 panes</i>	<i>36 panes (11.6%)</i>	<i>8 panes (2.5%)</i>
<i>Pan baguette</i>	<i>19 panes</i>	<i>4 panes (21%)</i>	<i>1 pan (5.2%)</i>
<i>Pan bollo</i>	<i>498 panes</i>	<i>48 panes (9.6%)</i>	<i>12 panes (2.4%)</i>
<i>Pan plano</i>	<i>498 panes</i>	<i>28 panes (5.6%)</i>	<i>6 panes (1.2%)</i>
<i>Promedio total</i>		<i>11.2 % En perdidas</i>	<i>2.7 % Reducción de perdidas</i>

En la tabla 15 se muestran las pérdidas causadas por la falta de planeación y la reducción de pérdidas por la organización de la planeación en el área de horneado. Las pérdidas causadas por la falta de planeación en el proceso eran hasta del 11.2 %. Para realizar esta tabla, para cada tipo de pan, se tomó en cuenta el tiempo necesario para elaborar un lote de pan, desde que entra en la cámara de fermentación, pasando por la inyección de vapor en el horno, hasta el tiempo de horneado, y se logró reducir hasta el 2.7 % de pérdidas por la planeación en la producción de pan.

#### **4.4 Hojas de registro usadas para el control de la producción**

Se propuso el uso de hojas de registro, para que fueran usadas por el personal del área de horneado, en ellas se registran las condiciones en las que están operando los hornos.

Además para que pudieran comparar los datos de operación con los datos óptimos registrados, en un momento dado, hacer modificaciones y mejoras al proceso.

Se usó una hoja para hornos de gas (tabla 16) y otra para hornos eléctricos (tabla 17). Esta información recopilada en estas hojas de registro pudo ser usada para llevar un control del proceso. El análisis de esta información, podrá aportar información para mejorar el proceso productivo.

En la tabla 16 se muestra la hoja de control para los hornos de gas, en estos hornos se elaboran, pan de caja y pan baguette, se observan los hornos de gas utilizados, las temperaturas y tiempos de horneado estandarizados para cada horno. Las columnas siguientes están enumeradas para que el personal del área de horneado registren manualmente las condiciones utilizadas para la elaboración de cada lote de pan, en el transcurso de un turno de trabajo.

La hoja de control para hornos eléctricos (tabla 17), donde se elaboran, pan bolillo, pan bollo y pan plano, se observan los hornos eléctricos utilizados, las temperaturas y tiempos de horneado estandarizados para cada horno. Se observan las columnas enumeradas para

que el personal de el área de horneado registren manualmente las condiciones utilizadas para la elaboración de cada lote de pan.

La aplicación de estas hojas de registro en producción, fueron de gran utilidad ya que, mejoraron el control del proceso, en las etapas de horneado, reduciendo los defectos de calidad en el producto final, provocadas por las variaciones de temperaturas y tiempos de cada horno.

Tabla 16. Propuesta de hoja de control para los hornos de gas

			Observaciones					
			Estándar	1	2	3	4	5
Pan de caja	Horno de gas 1	Temperatura Tiempo	450 °F, (232.22 °C) 45 min.					
	Horno de gas 2	Temperatura Tiempo	430 °F, (221.11 °C) 45 min.					
	Horno de gas 3	Temperatura Tiempo	420 °F, (215.56 °C) 40 min.					
	Horno de gas 4	Temperatura Tiempo	430 °F, (221.11 °C) 35 min.					
Baguette	Horno de gas 1	Temperatura Tiempo	430 °F, (221.11 °C) 50 min.					
	Horno de gas 2	Temperatura Tiempo	450 °F, (232.22 °C) 45 min.					
	Horno de gas 3	Temperatura Tiempo	430 °F, (221.11 °C) 35 min.					
	Horno de gas 4	Temperatura Tiempo	No se utiliza					



Tabla 17. Propuesta de hoja de control para los hornos eléctricos

			Observaciones				
			Estándar	1	2	3	4
Bolillos	Horno eléctrico 1	Inyección de vapor Temperatura Tiempo	15 seg. 450 °F, (232.22 °C) 25 min.				
	Horno eléctrico 2	Inyección de vapor Temperatura Tiempo	20 seg. 400 °F, (204.44 °C) 30 min.				
	Horno eléctrico 3	Inyección de vapor Temperatura Tiempo	15 seg. 430 °F, (221.11 °C) 25 min.				
Bollos	Horno eléctrico 1	Inyección de vapor Temperatura Tiempo	10 seg. 400 °F, (204.44 °C) 18 min.				
	Horno eléctrico 2	Inyección de vapor Temperatura Tiempo	15 seg. 350 °F, (176.67 °C) 22 min.				
	Horno eléctrico 3	Inyección de vapor Temperatura Tiempo	10 seg. 350 °F, (176.67 °C) 30 min.				
Pan plano	Horno eléctrico 1	Temperatura Tiempo	280 °F, (137.78 °C) 25 min.				
	Horno eléctrico 2	Temperatura Tiempo	300°F, (148.89 °C) 30 min.				
	Horno eléctrico 3	Temperatura Tiempo	320 °F, (160.00 °C) 30 min.				

## CONCLUSIONES

La estandarización y control de las variables en las etapas de fermentación y horneado, fueron de suma importancia ya que afectaban directamente la calidad de los productos finales. Las pérdidas por este problema eran de 18.6 %. La implementación y uso de tablas para registrar los tiempos y temperaturas de horneado, de los productos de panificación elaborados en la empresa durrants crow, ayudaron a los trabajadores, pues de esta forma conocían con certeza la temperatura y tiempo óptimo para hornear cada tipo de pan. La elaboración de esquemas para establecer los parámetros de fermentación en los diferentes productos de panificación elaborados funcionaron adecuadamente y con esto se logró una reducción del 96.1 % de los defectos de calidad producidos en el área de horneado.

La realización de una tabla de tiempos de producción, sirvió para la supervisión del proceso, porque se tuvo el control de tiempos y movimientos en el área de horneado y se mantuvo una producción semicontinua y así, se evitaron pérdidas por sobrefermentación de la masa. La tabla de tiempos de producción redujo hasta sólo 2.7 % las pérdidas que se tenían por falta de planeación en la producción de lotes de pan.

El registro de todos estos datos, permitió tener un control sobre el proceso de producción, así como también es una base para mejoras futuras; además, se pueden observar posibles variaciones en el proceso e identificar el problema que lo ocasiona, de forma más rápida, ya que se comparan los datos de producción con lo registrado. Si se observan posibles desviaciones del proceso, se puede tener una respuesta inmediata, evitando o reduciendo las pérdidas en el proceso productivo, ayudando a ser más competitiva la empresa.

## **RECOMENDACIONES**

Es recomendable el uso de información gráfica, para la capacitación del personal encargado del proceso, ya que es fácil de entender y ayudará para que realicen bien su trabajo.

El manejar tablas de información del proceso, ayudó a los trabajadores a realizar su trabajo de forma correcta, por lo tanto, se recomienda la actualización continua de estos registros, para implementar posibles mejoras en el proceso.

Se propone organizar y planear la producción, para obtener un proceso semicontinuo. Esto ayudará a reducir tiempos muertos por falta de materia prima, falla en los equipos, saturación de la línea de producción, entre otros, reduciendo el incumpliendo de ordenes de entrega a tiempo.

Se recomienda la implementación de algunas mediciones en el producto final, como son humedad, carbohidratos totales, color, entre otros para conocer las características fisicoquímicas del producto y tener un mejor control del proceso.

## REFERENCIAS

- Badui D.S. (2006). **Química de Alimentos**, Acribia. 2ª ed. Zaragoza, España.
- Baker, J.C. (1939). **Effect of temperature on dough properties**. *Cereal Chemistry*. Vol. 40 & 41.
- Beranbaum, R. L. (2003). **The Bread Bible**. 1ª ed. Ed. Norton & Company. N.Y. USA.
- Cauvain, Stanley P.; Young, Linda S. (2007). **Technology of Breadmaking**, 1ª ed. Springer.
- De Man, John (1999). **Principles of Food Chemistry** (*Food Science Texts Series*), 3ª ed. Springer. ISBN 083421234X
- Dupaigne, Bernard (1999). **The History of Bread**, 1ª ed. Harry N. Abrams, Inc. ISBN 0810934388.
- Fennema O. (1993). **Química de los alimentos**. Acribia. 2ª ed. Zaragoza, España.
- Forero, Daniel. (2000). **Almacenamiento de Granos**. UNAD, Facultad de Ciencias Agrarias de Bogotá, Colombia.
- Hensperger, Beth; Chuck Williams, Noel Barnhurst (2002). **Bread**. 1ª ed. Simon & Schuster Source. ISBN 978-0743228374.
- Infoagro (2010). Artículo del **trigo**. <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>
- Kent, NL. (1987). **Tecnología de cereales**. Acribia. Zaragoza, España.

- Leopard, Dan (2004). **Art of Handmade Bread: Contemporary European Recipes for the Home Baker**. 1ª ed. Mitchell Beazley. ISBN 1845333128.
  
- Mesas, J.M y Alegre, M. T. (2002). **El pan y su proceso de elaboración**. Ciencia y tecnología alimentaria. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología Alimentaria. México.
  
- Nestle, Marion (2006). **What to Eat' An Aisle-by-Aisle Guide to Savvy Food Choices and Good Eating**, 1ª ed. North Point Press. ISBN 0865477043.
  
- NMX-F-007-1982. Norma mexicana. **Harina de trigo**.
  
- NMX-F-521-1992. Norma mexicana. **Productos de panificación. Clasificación y definiciones**.
  
- NMX-FF-036-1996-SCFI. Norma mexicana. **Productos alimenticios no industrializados. Cereal trigo**.
  
- NOM-127-SSA1-1994. Norma oficial mexicana. **Agua para uso y consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamientos a que se debe someterse para su potabilización**.
  
- Stenvert, Kingswood. (1977). **Factors influencing the rate of moisture penetration into the wheat during tempering**. Cereal Chem. 54, 134.
  
- Potter, Norman (1995). **Ciencia de los Alimentos**, Ed. Acribia, Zaragoza. pp.436.
  
- Ruiz Camacho, Rubén (1981) **Cultivo del Trigo y la Cebada**. Temas de Orientación Agropecuaria, Bogotá. pp.9-12.

-Tejero Francisco (2006) **El libro de los maestros panaderos**. Ed. Montagud Editores. España.

-Zanobi, B.; Peri C. (1993). **A study of the bread-baking process. I: A phenomenological model**. *Journal of food engineering*. Vol. 19. pp. 389-398.