

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“ADAPTACIÓN DE UNA FÓRMULA DE BIZCOCHO A UNA
NUEVA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE UNA PLANTA
PANIFICADORA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

GIULIANO EDUARDO IZAGUIRRE VIVANCO

LIMA – PERÚ

2023

Document Information

Analyzed document	TSP - IZAGUIRRE VIVANCO GIULIANO EDUARDO (3).docx (D152135424)
Submitted	2022-12-05 16:31:00
Submitted by	Eduardo Morales
Submitter email	erms@lamolina.edu.pe
Similarity	1%
Analysis address	erms.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

Universidad Nacional Agraria La Molina / Monografía TSP-YANCAN HUAYNA, PAOLA STEFANY 29.12.21.docx

SA

Document Monografía TSP-YANCAN HUAYNA, PAOLA STEFANY 29.12.21.docx (D151964083)
Submitted by: cencina@lamolina.edu.pe
Receiver: cencina.unalm@analysis.arkund.com

5

Entire Document

57%

MATCHING BLOCK 1/5

SA

Monografía TSP-YANCAN HUAYNA, PAOLA STEFANY 29 ... (D151964083)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS "ADAPTACIÓN DE UNA FÓRMULA DE BIZCOCHO A UNA NUEVA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE UNA PLANTA PANIFICADORA" TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS GIULIANO EDUARDO IZAGUIRRE VIVANCO LIMA - PERÚ 2021 La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual) Dedico este trabajo a

Dios por guiarme siempre en sus caminos y a mi familia por su constante apoyo.

AGRADECIMIENTOS

- A mi familia, padres y hermanos por su constante apoyo a lo largo todos estos años que pude cursar la carrera de Industrias Alimentarias en la Universidad.
- A mis excompañeros de la empresa Montana, quienes me motivaron a estudiar esta hermosa carrera, gracias por todos sus consejos.
- A la Ing. Ruth Valencia, docente del SENATI quién siempre me motivó a superarme y seguir adelante, mucho de lo que he logrado hoy en día es gracias a sus consejos.
- A mis compañeros de la universidad, quienes me mostraron su apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera y que hoy en día sigue permaneciendo esa amistad mucho más fuerte.
- A mi abuelo Fidencio, quién ocupo el lugar de mi padre y siempre veló por todas mis necesidades, un abrazo al cielo.
- Al Ing. Eduardo Morales por todo su apoyo en el proceso del TSP, quedo muy agradecido.

ÍNDICE GENERAL

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“ADAPTACIÓN DE UNA FÓRMULA DE BIZCOCHO A UNA
NUEVA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE UNA PLANTA
PANIFICADORA”**

Presentado por:

GIULIANO EDUARDO IZAGUIRRE VIVANCO

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Ritva A.M. Repo de Carrasco, PhD.

PRESIDENTE

Dr. Christian R. Encina Zelada

MIEMBRO

Mg.Sc. Silvia V. Melgarejo Cabello

MIEMBRO

Dr. Eduardo R. Morales Soriano

ASESOR

Lima – Perú

2023

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por guiarme siempre en sus caminos y a mi familia por su constante apoyo.

AGRADECIMIENTO

- A mi familia, padres y hermanos por su constante apoyo a lo largo todos los años en los que cursé la carrera de Industrias Alimentarias en la Universidad.
- A mis excompañeros de la empresa Montana, quienes me motivaron a estudiar esta hermosa carrera, gracias por todos sus consejos.
- A la Ing. Ruth Valencia, docente del SENATI quién siempre me motivó a superarme y seguir adelante, mucho de lo que he logrado hoy en día es gracias a sus consejos.
- A mis compañeros de la universidad, quienes me mostraron su apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera, hoy en día esa amistad no solo permanece sino que es mucho más fuerte.
- A mi abuelo Fidencio, quién ocupó el lugar de mi padre y siempre veló por todas mis necesidades, un abrazo al cielo.
- Al Dr. Eduardo Morales por todo su apoyo en el proceso del TSP, quedo muy agradecido.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	INDUSTRIA PANIFICADORA EN EL PERÚ	4
2.2.	NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	4
2.3.	TIPOS DE BIZCOCHOS INDUSTRIALES	5
2.4.	LÍNEA DE PROCESAMIENTO TT ITALY	7
2.4.1.	MEZCLADOR DE MASA	7
2.4.2.	TURBO EMULSOR	7
2.4.3.	DEPOSITADOR DE MASA	8
2.4.4.	HORNO.....	8
2.4.5.	SECCIÓN DE ENFRIAMIENTO.....	8
2.4.6.	CORTADO LONGITUDINAL	8
2.4.7.	UNIDAD DE DOSIFICADO DE JARABE	8
2.4.8.	DISPENSADOR DE LLENADO	9
2.5.	INSUMOS EN LA INDUSTRIA PANIFICADORA.....	9
2.5.1.	HARINA DE TRIGO	9
2.5.2.	ALMIDÓN	10
2.5.3.	SORBITOL	11
2.6.	EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS.....	12
2.6.1.	PRUEBA DE ACEPTACIÓN.....	13
2.6.2.	PRUEBA DE PREFERENCIA	13
2.6.3.	PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA	14
III.	METODOLOGÍA	16
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	16
3.2.	MATERIA PRIMA E INSUMOS.....	16
3.3.	MATERIALES Y EQUIPOS	17
3.3.1.	MATERIALES.....	17
3.3.2.	EQUIPOS	17
3.4.	MÉTODOS DE ANÁLISIS	18

3.4.1.	ANÁLISIS DE DENSIDAD	18
3.4.2.	ANÁLISIS DE HUMEDAD	18
3.4.3.	MEDICIÓN DE ESPESOR.....	19
3.5.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	20
3.5.1.	AJUSTE DE FÓRMULA.....	21
3.5.2.	VALIDACIÓN DE COSTO FÓRMULA	23
3.5.3.	VALIDACIÓN SENSORIAL	24
3.6.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1.	AJUSTE DE FÓRMULA.....	27
4.1.1.	PESO Y ESPESOR DE BIZCOCHO HORNEADO	27
4.1.2.	HUMEDAD DEL BIZCOCHO HORNEADO	29
4.1.3.	DENSIDAD DE LA MASA	31
4.2.	VALIDACIÓN DE COSTO FÓRMULA	32
4.3.	VALIDACIÓN SENSORIAL	33
4.3.1.	PRUEBA DE ACEPTACIÓN.....	33
4.3.2.	PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA	35
4.4.	APLICACIÓN DE COMPETENCIAS PROFESIONALES	36
V.	CONCLUSIONES	38
VI.	RECOMENDACIONES.....	39
VII.	BIBLIOGRAFÍA	40
VIII.	ANEXOS	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Composición del bizcocho relleno con cobertura de chocolate.....	23
Tabla 2:	Estructura de costo fórmula del producto final.....	24
Tabla 3:	Porcentaje de sustitución de harina en la formulación.....	26
Tabla 4:	Porcentaje de sustitución de agua por sorbitol.....	26
Tabla 5:	Valores de peso y espesor del bizcocho horneado.....	27
Tabla 6:	Valores de humedad para el bizcocho horneado.....	30
Tabla 7:	Valores de densidad de la masa respecto a la sustitución de harina de trigo por almidón de maíz.....	31
Tabla 8:	Costo fórmula de la fórmula antigua y fórmula ajustada.....	32
Tabla 9:	Cursos y conocimientos adquiridos aplicados en el ámbito laboral	37
Tabla 10:	Cursos y conocimientos adquiridos aplicados en el control de calidad de bizcochos.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Participación del mercado de las principales empresas en el rubro panificación	3
Figura 2:	Consumo en millones de soles en el sector panificación en el Perú	4
Figura 3:	Tipos de bizcochos industriales.....	6
Figura 4:	Bizcocho relleno con cobertura de chocolate.....	6
Figura 5:	Modelo de ficha de evaluación de preferencia pareada	14
Figura 6:	Variación de humedad en el analizador halógeno.....	19
Figura 7:	Dosificado de masa en la banda del horno	19
Figura 8:	Banda de enfriado y mesa de trabajo.....	20
Figura 9:	Etapas del proceso experimental	21
Figura 10:	SOP para la elaboración de bizcochos rellenos con cobertura de chocolate	22
Figura 11:	Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad	25
Figura 12:	Ficha de evaluación para la prueba de preferencia.....	25
Figura 13:	Resultados evaluación textura - fórmula original.....	33
Figura 14:	Resultados evaluación textura - fórmula ajustada.....	34
Figura 15:	Resultados evaluación humedad - fórmula original	34
Figura 16:	Resultados evaluación humedad - fórmula ajustada	35
Figura 17:	Resultados de prueba de preferencia pareada	36

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:	LISTA DE PRECIOS DE INSUMOS	44
ANEXO 2:	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	45
ANEXO 3:	CÁLCULO DE COSTO DE LA MASA	47
ANEXO 4:	RESULTADOS DE PRUEBA DE ACEPTABILIDAD	48
ANEXO 5:	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PREFERENCIA	49
ANEXO 6:	CÁLCULOS DEL FRIEDMAN.....	52
ANEXO 7:	TABLA CHI CUADRADO.....	53

RESUMEN

Una empresa panificadora implementó una nueva línea de producción de bizcochos, la cual permitió triplicar su volumen de producción (de 3 a 10 t/h). Esta nueva línea comprendía un mezclador, turboemulsor, dosificadora de masa, horno, banda de enfriamiento, mesa de trabajo y armado, túnel de frío, y envasado. Posterior a su instalación, se adaptaron a esta a todos los productos de consumo masivo previamente desarrollados. Inicialmente se usaron las mismas fórmulas; sin embargo, esto no fue satisfactorio, ya que se obtuvieron productos con diferentes características. Los problemas presentados incluyeron: menor peso del bizcocho en comparación con el estándar (menor a 30 g), baja humedad en el producto final (menor a 15%), mayor generación de merma, entre otros. Los objetivos de esta investigación fueron ajustar la fórmula del bizcocho para que cumpla con las medidas y peso estándares establecidas para el producto; validar económicamente la nueva fórmula, la cual debe ajustarse al precio inicial establecido no superando el 8% del costo inicial; y validar sensorialmente el producto final elaborado con el ajuste de fórmula. La investigación se desarrolló en tres etapas: ajuste de fórmula, corrida del costo de fórmula y validación sensorial. En los resultados obtenidos se destaca una mejor performance de la fórmula con un 8% de almidón y 3.5% de sorbitol. El costo de formulación se incrementó en 2.21%, encontrándose dentro de lo previsto por el área de marketing. Por último, se realizó la validación sensorial, mediante una prueba de aceptabilidad con 20 panelistas entrenados dónde se obtuvo resultados *acceptables* para los atributos de textura y humedad. Asimismo, se realizó una prueba de preferencia pareada con 100 panelistas no entrenados, donde el producto con la fórmula ajustada arrojó una preferencia del 89% versus el 11% del producto de la antigua línea con la fórmula original.

Palabras clave: Bizcocho, harina de trigo, almidón de maíz, sorbitol, aceptabilidad

ABSTRACT

A bakery company implemented a new biscuit production line, which allowed it to triple its production volume (from 3 to 10 t/h). This new line included a mixer, turbo emulsifier, dough dispenser, oven, cooling band, work and assembly table, cold tunnel, and packaging. After its installation, all mass consumption products previously developed were adapted to it. Initially the same formulas were used; however, this was not satisfactory, since products with different characteristics were obtained. The problems presented included: less weight of the cake compared to the standard (less than 30 g), low humidity in the final product (less than 15%), greater generation of waste, among others. The objectives of this research were to adjust the cake formula so that it complies with the standard measurements and weight established for the product; economically validate the new formula, which must be adjusted to the established initial price not exceeding 8% of the initial cost; and sensory validation of the final product made with the formula adjustment. The research was carried out in three stages: formula adjustment, formula cost run, and sensory validation. In the results obtained, a better performance of the formula with 8% starch and 3.5% sorbitol stands out. The formulation cost increased by 2.21%, being within the forecast by the marketing area. Finally, the sensory validation was carried out, through an acceptability test with 20 trained panelists where acceptable results were obtained for the texture and humidity attributes. Likewise, a paired preference test was carried out with 100 untrained panelists, where the product with the adjusted formula showed a preference of 89% versus 11% of the product of the old line with the original formula.

Keywords: Biscuit, wheat flour, corn starch, sorbitol, acceptability

I. INTRODUCCIÓN

La industria de la panificación se encuentra en constante crecimiento a nivel global, de acuerdo a Euromonitor (2021), en Perú este sector mostró un crecimiento promedio del 3.75% hasta el 2020.

Actualmente hay muchas empresas que se encuentran compitiendo en este rubro, dentro de ellos se pueden mencionar a Molitalia, Álicorp, Compañía Nacional de Chocolates del Perú (CNCH), Bimbo, Andina alimentos, etc. Además, el sector sigue en crecimiento, ya que el consumo per cápita durante el 2020 fue de USD 5.56 y se proyecta a aumentar a USD 6.22 para el 2024 (Global Data, 2021).

Uno de los puntos clave, que proporciona cierta ventaja competitiva a las empresas es la implementación de nuevas tecnologías con la finalidad de mejorar sus procesos de producción y por ende reducir sus costos de producción.

Por ello, el presente TSP se encuentra basado en la implementación de una *nueva línea de producción* en una empresa panificadora, esta nueva línea permitió triplicar su volumen de producción (10 t/h) respecto a la línea que tenían instalada en ese entonces (3 t/h); y era compuesta por un mezclador, turboemulsor, dosificadora de masa, horno, banda de enfriamiento, mesa de trabajo y armado, túnel de frío y envasado.

Posterior a la instalación de la nueva línea, se tuvieron que adaptar a esta a todos los productos ya desarrollados (destinados a consumo masivo). En una primera instancia se usaron las mismas fórmulas; sin embargo, esto no fue satisfactorio ya que la reología de la masa era muy distinta y se veía reflejado en el producto final. Esto último se debía a que la nueva línea de producción era de una tecnología diferente, lo que hacía que al aplicar la misma receta se obtenga un producto con diferentes características.

Los problemas que se presentaron fueron los siguientes: falta de peso del bizcocho para llegar al estándar (menor a 30 g), baja humedad en el producto final (menor a 15%), mayor generación de merma, entre otros.

En base a esto se tuvieron que plantear diversas soluciones a nivel de fórmula, las cuales permitieran llegar al peso y medidas especificadas para el producto; esto con la finalidad de mantener el mismo formato de producto y no desechar el stock de bobinas (2000 kg de empaque) que se tenía en ese entonces.

Otro punto a tomar en cuenta en la solución del problema, fue que la fórmula debía mantener sus ingredientes, solo estaba permitido modificar sus proporciones mas no agregar nuevos ingredientes; esto con la finalidad de mantener el mismo Registro Sanitario, el cual ya se encontraba impreso en las láminas de envasado.

En base a lo descrito anteriormente, los objetivos del presente trabajo fueron:

- Realizar el ajuste de fórmula del bizcocho para que pueda cumplir con las medidas y peso estándar establecidos para el producto, manteniendo los ingredientes indicados en la fórmula original.
- Validar económicamente la nueva fórmula de bizcocho, la cual debe ajustarse al precio inicial establecido, sin superar el 8% del costo inicial.
- Validar sensorialmente el producto final elaborado con el ajuste de fórmula.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. INDUSTRIA PANIFICADORA EN EL PERÚ

Actualmente hay varias industrias en el sector alimentario dedicados al rubro de la panificación, entre ellas se puede mencionar a las compañías Álicorp, Molitalia, Bimbo, CNCH, Mondelez, etc. En la Figura 1 se observa que las empresas Mondelez Internacional Inc y Álicorp son las líderes del mercado, cada una de ellas con una participación del 30%; seguidamente se encuentra la empresa Molitalia; y Nestlé con una participación del 15% y 5%, respectivamente (Euromonitor, 2021).

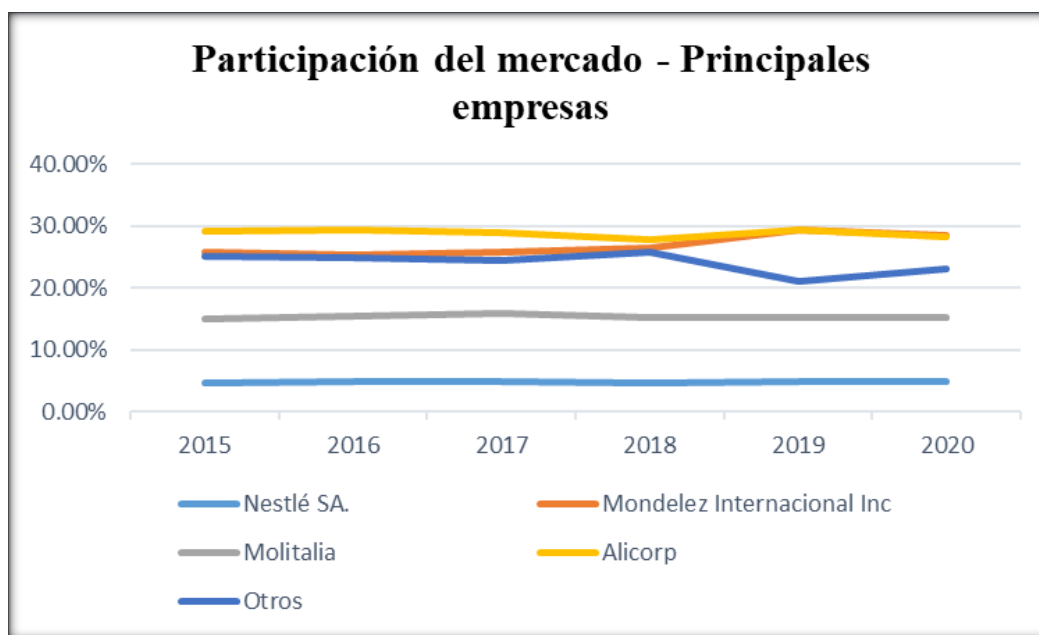


Figura 1: Participación del mercado de las principales empresas en el rubro panificación

FUENTE: Euromonitor (2021)

Respecto al crecimiento del mercado, este se ha ido incrementando ligeramente en los últimos años, asimismo, su dinámica de crecimiento se vio afectada en el 2020 debido a la pandemia por el Covid-19 (Euromonitor, 2021).

En la Figura 2 se observa que para el 2015 el consumo anual fue de 1055.8 millones de soles, sin embargo, este va disminuyendo ligeramente en los años 2016 y 2017. Para el 2018 hay un repunte con un aumento de su consumo anual a 1119.8 millones de soles y el 2018 vuelve a caer el consumo a 1079 millones de soles (Euromonitor, 2021).

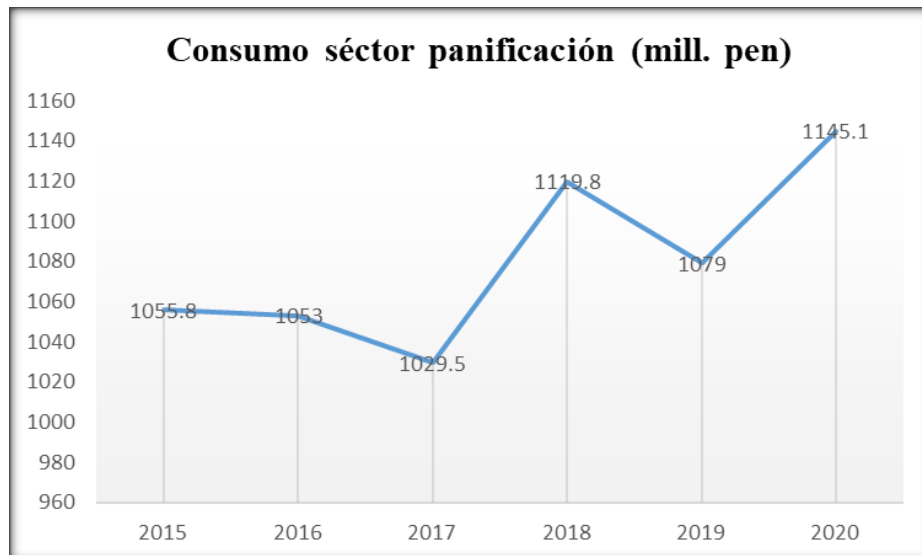


Figura 2: Consumo en millones de soles en el sector panificación en el Perú

FUENTE: Euromonitor (2021)

Algo importante a resaltar es el crecimiento que tuvo el sector panificación en el 2020, ya que el consumo final fue de 1145.1 millones de soles, esto puede deberse al inicio de la pandemia y las medidas que fueron implementadas por el Gobierno, lo cual afectó al ciudadano en general. Según Becerra (2020), la pandemia del COVID-19 ha cambiado los hábitos de consumo de las personas, quienes han cobrado una mayor consciencia sobre las condiciones sanitarias de los productos; y en este caso el sector panificación fue uno de los beneficiados.

2.2. NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Las nuevas tecnologías relacionadas con el mundo de la alimentación vienen propiciadas por los cambios que está sufriendo nuestro estilo de vida, o lo que es lo mismo, se adaptan a unas necesidades cambiantes en nuestro entorno. De acuerdo a Montgé (2011), esto ha sido posible gracias al desarrollo de nuevos sistemas, técnicas y materiales; y en este sentido, las tecnologías de los alimentos no se han quedado atrás a la hora de dar una respuesta a las necesidades de la sociedad.

Los desarrollos en las tecnologías de producción, la expansión de los alimentos “listos para comer”, la mejora en la conservación de los alimentos y envases más modernos, son los cambios que están causando un mayor impacto en la industria de la alimentación. Las nuevas tecnologías tienen el reto de ofrecer un producto cada vez más auténtico, con el mínimo precio; y bajo esa tendencia, estos nuevos desarrollos intentan dar una respuesta a todas estas necesidades (Montgé, 2011).

Los últimos diseños y fabricaciones de líneas de Bizcocho Industrial han sido construidos siguiendo las necesidades de los clientes y las solicitudes de una solución a medida. La última línea de bizcochos de TT Italia produce productos más sabrosos, suaves y ligeros. De acuerdo a TT Italy (2021), todas las nuevas tecnologías y desarrollos del departamento de I + D + I se transfieren directamente a los clientes, para ofrecer una línea de producción de última generación.

La innovación y el desarrollo tecnológico son factores elementales para el desarrollo y competitividad de las empresas, es por ello que hoy en día se crea la necesidad de estar siempre a la vanguardia con los productos, procesos y tecnologías de las empresas; para hacer frente a la competencia y buscar la posibilidad de ser competitivos y productivos en el ramo que se desarrollen las empresas (Zayas *et al.*, 2015).

2.3. TIPOS DE BIZCOCHOS INDUSTRIALES

Actualmente en el Perú, el término “Bizcocho” es utilizado para una gran variedad de productos en el rubro de panificación; en el sector industrial uno de los más comercializados son los *two-layer* o *three-layer* (TT Italy, 2021). En la Figura 3 se observa que existe toda una gama para esta categoría de productos, entre ellos hay algunos que tienen rellenos y/o se complementan con algunas decoraciones o coberturas de chocolate.



Figura 3: Tipos de bizcochos industriales

FUENTE: TT Italy (2021)

Uno de los tipos de bizcocho industrializados con mayor consumo, es el que se muestra en la Figura 4, este producto es un *two-layer* relleno con dulce de leche y recubierto con cobertura de chocolate. Este tipo de productos industriales tienen un tiempo de vida aproximado de 6 meses (Molitalia, 2021).



Figura 4: Bizcocho relleno con cobertura de chocolate

FUENTE: TT Italy (2021)

De acuerdo a Ureta *et al.* (2015), algo característico en los bizcochos industriales es su volumen y esponjosidad; durante el horneado de este tipo de producto de panadería dulce, el bizcocho comienza como una masa fluida y, durante el proceso, la masa se transforma en una estructura porosa sólida. Por lo tanto, los fenómenos de transferencia de masa y calor ocurren simultáneamente, junto con varias reacciones bioquímicas y transformaciones físicas; en particular, dependiendo de la formulación del producto, la expansión de volumen no es despreciable; es más, en algunos casos el volumen del producto puede duplicar su valor inicial al final del proceso.

2.4. LÍNEA DE PROCESAMIENTO TT ITALY

A continuación, se presentan y detallan los equipos comprendidos en la línea de procesamiento, todos ellos fueron diseñados y fabricados por TT Italy.

2.4.1. MEZCLADOR DE MASA

El equipo de mezclado se puede fabricar en varios tamaños según la productividad requerida. Está compuesto por dos sistemas de mezcla dedicados, uno para masas y otro para crema. El mezclador de masa tiene cuchillas que giran en el eje vertical y un fondo plano, mientras que las cuchillas del mezclador de crema giran en el eje horizontal con un fondo redondo. Los mezcladores pueden ser completamente de enchaquetado para un control completo de la temperatura (TT Italy, 2021).

2.4.2. TURBO EMULSOR

El turboemulsor se puede fabricar en diversos tamaños según la productividad requerida. De acuerdo a TT Italy (2021), este equipo fue diseñado para emulsionar y airear la masa y cremas utilizando aire, con el fin de lograr el peso específico final deseado. La emulsificación se logra gracias al diseño y la tecnología de construcción del rotor y el estator.

El mezclador Turbo (TT Italy Coolwhipper) está diseñado para emulsionar y airear la masa y la nata utilizando aire, con el fin de lograr el peso específico final deseado. Según TT Italy (2021), este puede usarse para nata (crema) así como para mezclas líquidas; donde la emulsificación se logra gracias al diseño y la tecnología de construcción del rotor y el estator. Al mismo tiempo, la aireación se logra mediante la inyección de aire / gas directamente en el cabezal del turbo. Se puede producir en diferentes tamaños según el uso y la productividad requeridos.

2.4.3. DEPOSITADOR DE MASA

Está compuesta por un rodillo el cual crea una capa de masa que se deposita directamente sobre la cinta del horno; además, el depósito de masa se puede regular tanto en ancho como en espesor (TT Italy, 2021).

2.4.4. HORNO

De acuerdo a TT Italy (2021), los hornos ciclo térmicos son la mejor solución para el bizcocho, ya que este tipo de hornos combinan la potencia y el control para hornear perfectamente el bizcocho mientras se controla la humedad interna del producto. El mismo autor añade que los hornos tipo túnel para este tipo de productos generalmente están compuestas por varias zonas de horneado, lo que permite poder construir un perfil de horneado adecuado obteniendo un producto final con las características deseadas.

2.4.5. SECCIÓN DE ENFRIAMIENTO

El transportador de enfriamiento permite enfriar el bizcocho manteniendo bajo control la humedad del producto, gracias al transportador de acero inoxidable; donde esta parte del proceso se gestiona fácilmente mediante la tecnología desarrollada por el departamento de ingeniería de TT Italy (TT Italy, 2021).

2.4.6. CORTADO LONGITUDINAL

TT Italy (2021) menciona que el cortador longitudinal está hecho de un eje de acero inoxidable que sujeta las cuchillas de corte, las cuales cortan el bizcocho de manera longitudinal; y el ancho de los cortes cambia según el producto final a realizar.

2.4.7. UNIDAD DE DOSIFICADO DE JARABE

Diseñada para la dosificación de jarabe (ya sea este a base de alcohol o sin alcohol), en la hoja de bizcocho después del cortador longitudinal (TT Italy, 2021). El almíbar brinda sabor, además de aportar humedad al producto final.

2.4.8. DISPENSADOR DE LLENADO

Los dosificadores de manjar y mermelada se fabrican a medida en función del producto final y el bizcocho final. Donde el dosificador está diseñado para regular la dosificación de forma homogénea sobre el bizcocho; y las boquillas están fabricadas en resina plástica para un fácil y rápido cambio de formato y limpieza (TTItaly, 2021).

2.5. INSUMOS EN LA INDUSTRIA PANIFICADORA

2.5.1. HARINA DE TRIGO

De acuerdo a Calaveras (2004), deberá entenderse por *harina*, al producto finamente triturado, obtenido de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco e industrialmente limpio. Donde su composición cambiará en función a la variedad y tipo de trigo utilizado en la molienda y también a las condiciones en las cuales se cultivó y cosechó el trigo. Además, las características organolépticas de una buena harina serán: color blanco amarillento, ausencia de mohos u olores anormales, suavidad al tacto y ausencia de acidez, amargor o dulzor.

Las harinas por su contenido de gluten se dividen en dos grupos: harinas duras y harinas suaves, cuanto mayor es el contenido de gluten, mayor es la fuerza de la harina (Ramos, 2016). Las primeras se caracterizan por tener un alto contenido proteínas y se extraen de trigos de alto contenido proteico. Se emplean en la elaboración de pan. Mientras que las segundas, tienen bajo contenido de proteínas y se extraen de trigos de bajo contenido de proteínas; mayormente éstas son utilizadas en la elaboración de bizcochos y galletas.

Cuando una mezcla de harina de trigo y agua (en una relación aproximada de 3:1) se integra y trabaja se forma una masa con propiedades viscoelásticas, apropiada para la fabricación de panes otros productos de panadería; siendo estas características singulares de la masa, atribuibles fundamentalmente a las proteínas de la harina de trigo (Calaveras, 2004).

La harina de trigo contiene proteínas solubles e insolubles. Miller & Huber (2008) señalan que las proteínas solubles representan aproximadamente el 20% de las totales; esta fracción esta fundamentalmente formada por enzimas del tipo albumina y globulina y de ciertas glico-

proteínas minoritarias, y no contribuyen a las propiedades formadoras de masa de la harina de trigo.

La principal proteína de reserva del trigo es el gluten, el cual es una mezcla heterogénea de proteínas, fundamentalmente gliadinas y gluteninas, con limitada solubilidad en agua; lo que permite la formación de una masa viscoelástica capaz de atrapar gas durante la fermentación. El gluten tiene una composición aminoacídica única, donde la Gln y Pro constituyen más del 40% de los restos aminoacídicos; y la baja solubilidad en agua del gluten se debe a su pobreza en Lys, Arg, Glu y Asp. que en conjunto suponen menos del 10% de los aminoácidos totales (Miller & Huber, 2008).

Durante el amasado de la mezcla de harina de trigo y agua, se producen varias transformaciones físicas y químicas. Miller & Huber (2008) detallan que, bajo la acción de las fuerzas de cizalla y tracción aplicadas, las proteínas del gluten absorben agua y se despliegan parcialmente; donde el desplegamiento parcial de las moléculas de proteína facilita las interacciones hidrofóbicas y los intercambios sulfhidrilo-disulfuro, que determinan la formación de polímeros en forma de hebra. Estos polímeros lineales interaccionan, a su vez, entre sí (probablemente vía enlaces de hidrogeno, interacciones hidrofóbicas y enlaces cruzados disulfuro) para formar una película capaz de atrapar gases.

Estas transformaciones del gluten determinan un aumento progresivo de la resistencia de la masa con el tiempo, hasta alcanzar un valor máximo, tras el cual la resistencia bajar, indicando que se está rompiendo la estructura de la red. La ruptura implica el alineamiento de los polímeros en la dirección de las fuerzas de cizalla y cierto grado de fractura de los enlaces disulfuro, que reducen el tamaño de los polímeros. Además, el tiempo de amasado que se tarda en alcanzar la resistencia máxima ($R_{\text{máx}}$) es una medida de la calidad del trigo para la elaboración de pan, ya que cuanto más se prolongue mejor es su calidad (Miller & Huber, 2008).

2.5.2. ALMIDÓN

Las características físicas y químicas específicas del almidón y sus aspectos nutricionales lo diferencian del resto de polisacáridos. De acuerdo a Miller & Huber (2008), el almidón es fundamentalmente un alimento de reserva en vegetales y proporciona entre el 70-80% de las

calorías consumidas por los humanos de todo el mundo; siendo este y los productos de su hidrólisis, los que constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles de la dieta humana. Asimismo, la cantidad de almidón que se utiliza en la elaboración de alimentos excede considerablemente al uso combinado del resto de hidrocoloides de los alimentos.

Los almidones comerciales se obtienen de granos de cereales, sobre todo de maíz, maíz céreo, maíz rico en amilosa, trigo, arroces diversos y a partir de tubérculos y raíces, particularmente, patata y tapioca (casava o yuca). Los almidones y los almidones modificados tienen un número enorme de aplicaciones en los alimentos. Entre ellas, como agentes adhesivos y ligantes, formadores de turbidez y de película, para reforzar la estabilidad de espumas, gelificantes, para el glaseado, retención de humedad y mejora de la textura, estabilizante y espesante (Miller & Huber, 2008).

2.5.3. SORBITOL

El sorbitol ($C_6H_{14}O_6$), también conocido como D-glucitol, se encuentra naturalmente en muchas frutas. Según Silveira & Jonas (2002), este polialcohol tiene un dulzor relativo de 60% en comparación con la sacarosa, y tiene aplicaciones en confitería, chicles, dulces, postres, helados, alimentos para diabéticos y una amplia gama de productos alimenticios; no solo como edulcorante, sino también como humectante, texturizante y suavizante.

La producción mundial de sorbitol se estima en más de 500 000 t/año y el mercado está aumentando. Más del 50% del sorbitol producido se usa como solución de sorbitol al 70%, y aproximadamente una cuarta parte se usa para la síntesis de vitamina C (Silveira & Jonas, 2002).

Los polioles simples o alcoholes polihídricos son derivados de carbohidratos cuyos únicos grupos funcionales con los grupos hidroxilos. Por su parte, Miller & Huber (2008) expresan que los azúcares simples y los alcoholes polihídricos (alcoholes azúcares) son estructuralmente similares excepto que los azúcares también contienen grupos ceto o aldo (de forma libre o ligada) que pueden afectar negativamente a su estabilidad química, especialmente a temperaturas elevadas.

Los polioles son generalmente bastante hidrosolubles e higroscópicos y presentan viscosidad moderada cuando se disuelven en agua a elevadas concentraciones. A las estructuras polihidroxilo de estos compuestos se deben sus propiedades ligantes de agua cuando se adicionan a los alimentos. Las funciones específicas de los polialcoholes son: control de la viscosidad y la textura, sustancias de relleno, retención de humedad, reducción de la actividad de agua, control de la cristalización, mejora o retención de la pastosidad, mejora de retención de los alimentos deshidratados y uso como disolventes de compuestos aromáticos. Muchas de las aplicaciones de los polialcoholes en los alimentos se deben la concurrencia simultanea de propiedades funcionales de azúcares, proteínas, almidones y gomas (Miller & Huber, 2008).

2.6. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS

La evaluación sensorial surge como disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor. De acuerdo a Hernández, (2005), la evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta (marketing).

Según Hernández (2005), la evaluación sensorial es importante para la industria de alimentos, para los profesionales encargados de la estandarización de los procesos y los productos para los encargados de la producción y promoción de los productos alimenticios ya que deben conocer la metodología apropiada, que les permita evaluar los alimentos haciéndolos de esta manera competitivos en el mercado.

Por su parte, Schutz (1971) menciona que el Instituto de Alimentos de los Estados Unidos (IFT), define a la evaluación sensorial como la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias; las cuales son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído.

2.6.1. PRUEBA DE ACEPTACIÓN

Las pruebas de aceptación también se denominan *grado de agrado*. A los consumidores se les presentan productos y se les pide que indiquen el grado de agrado en una escala; siendo la escala más utilizada la Escala Hedónica de 9 puntos. Esta escala es bipolar (las anclas son disgusto y agrado) y ha sido ampliamente utilizada desde su invención en la década de 1940 (Drake, 2007).

Otras adaptaciones de esta escala incluyen una escala de 7 puntos y una escala de Cara Sonriente, la cual se puede usar con niños o con aquellos que no hablan ni leen inglés. Sin embargo, investigaciones previas han sugerido que los problemas de tendencia central y los intervalos de escala desiguales son deficiencias de esta escala, y se han propuesto otras escalas como las escalas de magnitud afectiva etiquetadas (LAM) como alternativas más sensibles (Schutz, 1971).

De Según Watts *et al.* (1992), las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores; abarcando el uso de escalas categorizadas, pruebas de ordenamiento y pruebas de comparación pareada. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo).

2.6.2. PRUEBA DE PREFERENCIA

En las pruebas de preferencia, a los consumidores se les presentan 2 o más muestras y se les pide que indiquen qué muestra prefieren. Drake (2007) expone que, si se presentan más de 2 muestras, los consumidores también pueden clasificar sus preferencias (clasificación de preferencias). La prueba es generalmente una elección forzada; es decir, se debe indicar una preferencia; además, esta es fácil de realizar y es comprensible para consumidores de todas las edades. Se puede aplicar un análisis estadístico no paramétrico para determinar diferencias. Sin embargo, un inconveniente principal es que no se determina el grado de agrado.

Drake (2007), menciona que a los consumidores les pueden desagradar los productos y aun así prefieren uno cuando se ven obligados a elegir. Además, se pueden hacer otras preguntas de los consumidores además del gusto general con las pruebas de aceptación y la preferencia se puede inferir de las pruebas de aceptación. En resumen, con las pruebas de aceptación, se puede obtener más información junto con las preferencias.

2.6.3. PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA

La prueba de referencia pareada o comparación de pares es probablemente el primer método formal desarrollados para evaluar las preferencias. Según Ramírez-Navas (2012), en esta prueba los panelistas responden a la pregunta ¿cuál de las dos muestras codificadas prefieren?, ellos deben seleccionar una, incluso si ambas muestras les parecen idénticas; ambas muestras (A y B) se presentan en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de 3 dígitos. En esta prueba se permite saborear (probar) la muestra varias veces, si es necesario.

De acuerdo a Hernández (2005), en esta prueba se le presenta al panelista dos muestras codificadas y se le pide que señale cuál de las dos muestras prefiere; y para que la prueba sea más representativa, se le puede pedir que exponga sus razones sobre la decisión tomada. Para este tipo de pruebas se requiere de por lo menos cincuenta panelistas.

En la Figura 5 se observa un ejemplo de una Ficha de Evaluación para una prueba de preferencia pareada de yogurt.

Nombre _____	
Fecha _____	
Frente a usted se presentan dos muestras de yogurt, por favor pruebe cada una de ellas, empezando con la muestra de la izquierda. Haga un círculo al número de la muestra que prefiere. Usted debe escoger una muestra, aunque no esté seguro.	
631	228

Figura 5: Modelo de ficha de evaluación de preferencia pareada

FUENTE: Ramírez-Navas (2012)

En la ficha se indica el orden en que los panelistas evaluarán las muestras. Los resultados se analizan utilizando una prueba binomial de dos extremos, que es apropiada porque puede

escoger cualquiera de las dos muestras, ya que la dirección de la preferencia no puede determinarse de antemano (Ramírez-Navas, 2012). En la literatura se describen el análisis estadístico de múltiples comparaciones por pares y una variedad de análisis multidimensionales útiles para estudios de preferencia complejos.

III. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La parte experimental del presente Trabajo de Suficiencia Profesional se llevó a cabo en una planta de alimentos del sector Panificación, la cual se ubicaba en el distrito de Cercado de Lima en Lima Metropolitana.

Esta empresa de consumo masivo se dedica a la fabricación y comercialización de productos de confitería en general y cuenta con una cadena de distribución a nivel nacional. La ejecución de la parte experimental se realizó entre los meses de enero a marzo del año 2018.

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

Los ajustes en la fórmula de bizcocho partieron de una fórmula original que se encontraba compuesta por los siguientes ingredientes: harina de trigo fortificada, azúcar blanca, huevo líquido pasteurizado, glucosa, leche descremada polvo, sorbitol, agua, aceite vegetal emulsionante, sal, bicarbonato de sodio, almidón de maíz, fosfato monocálcico, carboximetil celulosa, sorbato de potasio, propionato de calcio, saborizantes, goma xantán, glicerina líquida y permeato suero de leche.

Se debe mencionar que tanto los ingredientes como los aditivos fueron suministrados a través de proveedores calificados, los cuales cumplen con los requisitos mínimos establecidos por el Decreto Supremo N° 007-98-SA (MINSA, 1998). Además, las dosis de los aditivos alimentarios usados en la formulación se encontraron dentro de lo indicado en el CODEX STAN 192-1995: Norma General para los Aditivos Alimentarios (FAO/WHO, 1995).

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. MATERIALES

Los materiales usados en la parte experimental fueron se detallan a continuación:

- Bizcocho: harina de trigo fortificada, azúcar blanca, huevo líquido pasteurizado, glucosa, leche descremada polvo, sorbitol, agua, aceite vegetal emulsionante, sal, bicarbonato de sodio, almidón de maíz, fosfato monocalcico, carboximetil celulosa, sorbato de potasio, propionato de calcio, saborizantes, goma xantán, glicerina líquida y permeato suero de leche
- Manjar
- Almíbar
- Cobertura de chocolate
- Bobinas de Poliéster Biorientado (BOPET) + Polietileno de Baja Densidad (PEBD) color Blanco
- Bolsas de polietileno para el pesado de los insumos

3.3.2. EQUIPOS

- Línea de procesamiento de bizcochos, compuesta por: mezclador de masa, turbo emulsor, depositador de masa, horno, sección de enfriamiento, cortado longitudinal, unidad de dosificado de jarabe, dispensador de llenado
- Línea de envasado
- Calibre de medición
- Regla de metal
- Licuadora
- Analizador de humedad halógeno
- Cuchillo
- Balanza digital
- Termómetro digital
- Vaso de acero graduado
- Espátula de acero
- Calculadora

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. ANÁLISIS DE DENSIDAD

Este es un análisis de rutina que se realiza a los batidos de masa de bizcocho con la finalidad de evaluar la incorporación de aire en la masa, las mediciones se realizan en dos momentos:

- **Medición 1:** Cuando se finaliza el mezclado en el batidor.
- **Medición 2:** Cuando la masa finaliza su paso por el turboemulsor.

Para esto se utiliza un vaso de acero de peso y volumen conocido, una balanza digital, una espátula y una calculadora. El procedimiento es como se describe a continuación:

- Llenar la masa en el vaso de acero hasta el ras con la ayuda de una espátula de acero.
- Tarar la balanza digital a cero.
- Colocar el vaso que contiene la masa sobre la balanza y registrar el peso.
- Aplicar la siguiente fórmula con la data obtenida.

$$\text{Densidad (g/ml)} = \frac{\text{Peso del vaso con la masa (g)} - \text{Peso del vaso vacío (g)}}{\text{Volumen del vaso (ml)}}$$

3.4.2. ANÁLISIS DE HUMEDAD

El análisis de humedad se realiza a través del analizador de humedad halógeno, este equipo analizador de humedad funciona según el principio termo gravimétrico, es decir, registra el peso inicial de la muestra y una lámpara halógena seca la muestra mientras una balanza integrada mide continuamente su peso; donde la pérdida de peso total interpretada como contenido de humedad (Mettler Toledo, 2015).

Las muestras de bizcocho a analizar son tomadas de los puntos (x), (y) y (z) tal y como se observa en la Figura 6. El procedimiento para este análisis se indica a continuación:

- Muestrear la masa saliente del horno cuando este haya alcanzado una temperatura de 25 °C y colocarlo en una bolsa de polietileno.
- Triturar la masa con ayuda de un procesador de alimentos.

- Colocar 3 gramos de muestra procesada en el analizador de humedad halógeno.
- Procesar la muestra y registrar el peso una vez finalice el análisis.

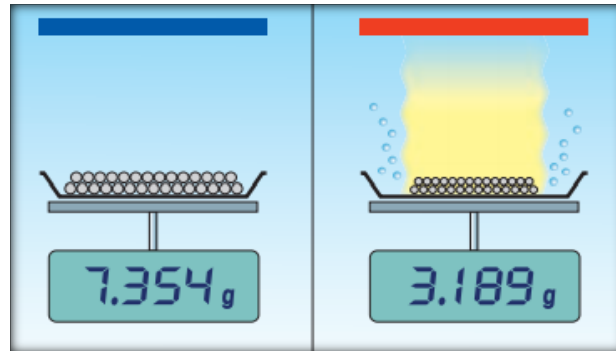


Figura 6: Variación de humedad en el analizador halógeno

FUENTE: Mettler Toledo (2015)

3.4.3. MEDICIÓN DE ESPESOR

Esta medición se le hace tanto al dosificado de la masa en la banda del horno como en el producto final horneado.

a. MEDICIÓN EN LA MASA ANTES DE HORNEAR

Como se observa en la Figura 7 en el punto (A) se encuentra la banda del horno sin masa, en el punto (B) se encuentra el rodillo dosificador de masa y en el punto (C) se encuentra la masa dosificada sobre la banda del horno, es allí donde se realiza la medición del espesor con el calibre.

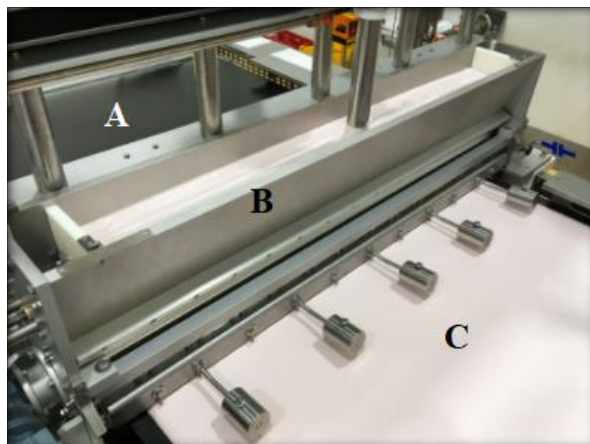


Figura 7: Dosificado de masa en la banda del horno

FUENTE: TT Italy (2021)

b. MEDICIÓN EN LA MASA HORNEADA

Esta medición se hace cuando sale la masa horneada. En la Figura 8 se observa el punto (A) que es donde se encuentra la masa ya horneada el cual a través de la banda se encuentra siendo transportada hacia la mesa de trabajo (punto B). Las mediciones de espesor se hacen con ayuda de un calibre y se toma en los puntos (x), (y) y (z), tal como se muestra en la imagen.

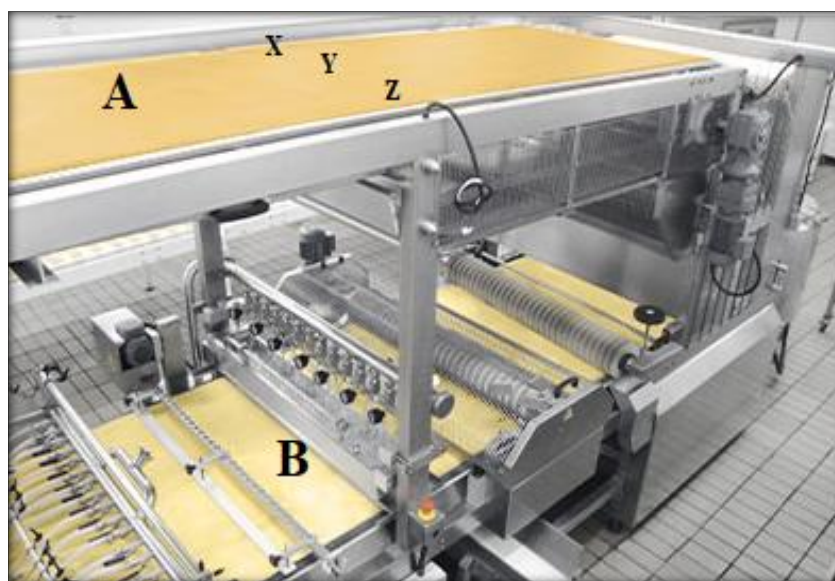


Figura 8: Banda de enfriado y mesa de trabajo

FUENTE: TT Italy (2021)

3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Al instalarse la nueva línea de procesamiento de bizcochos, la fórmula validada hasta ese entonces no presentaba el mismo performance respecto a la línea anterior. Los principales problemas que se tuvieron son: falta de peso, mayor volumen, menor humedad y mayor porcentaje de merma.

Frente a esto se tuvo que trabajar en ajustar la fórmula de masa, manteniendo los mismos ingredientes ya indicados en el registro sanitario, asimismo, este no debería superar el 8% del costo fórmula que se tenía en ese entonces y debería tener un nivel sensorial *aceptable* por el consumidor.

Para poder cumplir con los objetivos del presente trabajo, se plantearon las etapas detalladas en la Figura 9.



Figura 9: Etapas del proceso experimental

3.5.1. AJUSTE DE FÓRMULA

La complejidad de los equipos usados en la línea industrial hacía imposible en ese entonces poder trabajar el ajuste de fórmula a nivel de laboratorio, por lo tanto, todas las pruebas tuvieron que realizarse en la misma planta de producción.

En la Figura 10 se observa el flujo de operaciones que se sigue desde la elaboración de la masa hasta que este es horneado, enfriado, armado y empacado. Dentro de los objetivos planteados también se encuentra la validación de las medidas al momento de envasar, por lo tanto, el flujo también contempla la parte del envasado.

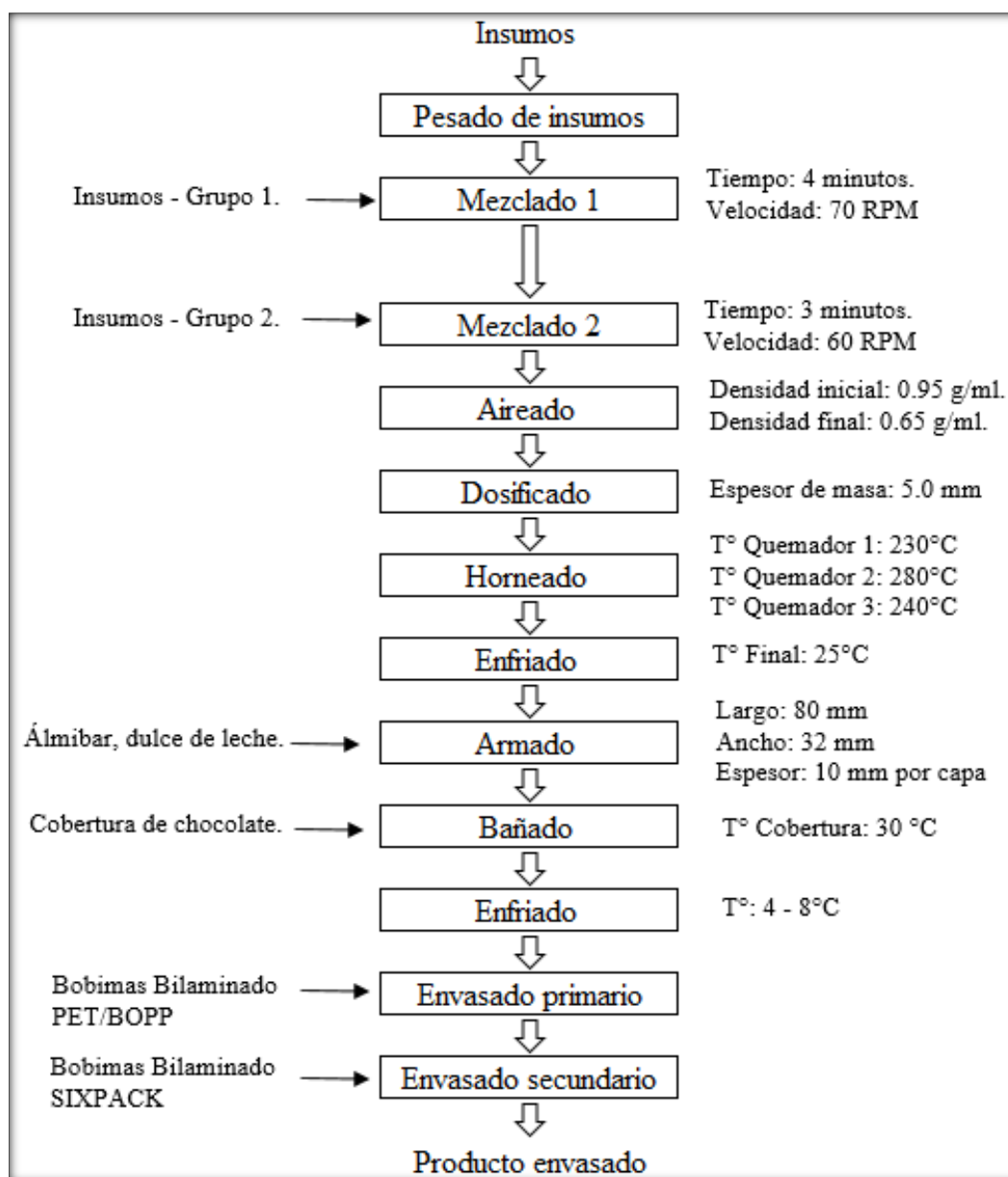


Figura 10: SOP para la elaboración de bizcochos rellenos con cobertura de chocolate

Para un mejor entendimiento, se detalla a continuación los ingredientes que componen el grupo 1 y 2.

- **Grupo 1:** Harina (50%), azúcar, sorbitol, huevo, leche descremada, agua (50%), aceite vegetal, emulsionante, sal, cmc, saborizantes, goma xantán, glicerina y permeato de suero.
- **Grupo 2:** Harina (50%), almidón de maíz, bicarbonato de sodio, fosfato monocalcico, sorbato de potasio, propionato de calcio y agua (50%).

Las mediciones de los parámetros a controlar se realizarán en las siguientes etapas:

- **Análisis de densidad de masa:** Se realiza después del proceso de aireado.
- **Medición de espesor de masa:** Se realiza después del proceso de dosificado y antes del horneado.
- **Análisis de humedad:** Se realiza después del proceso de enfriado y antes del armado.
- **Medición de espesor, largo y ancho de masa horneada:** Se realiza después del proceso de enfriado y antes del armado.

3.5.2. VALIDACIÓN DE COSTO FÓRMULA

Posterior al ajuste de fórmula se procedió a realizar la corrida del costo de formulación, si bien es cierto, para el ajuste de fórmula se podían mover las proporciones de los ingredientes ya declarados en la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE) de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), este cambio no debería afectar el costo original en más del 8%.

Para un mejor entendimiento en la estructura del costo, se muestra la Tabla 1 donde se aprecia cómo se encuentra conformado el producto final.

Tabla 1: Composición del bizcocho relleno con cobertura de chocolate

Componente	Unidad	Valor
Bizcocho	%	40
Almíbar	%	13
Dulce de leche	%	20
Cobertura de chocolate	%	27

Por otra parte, en la Tabla 2 se observa el costo inicial de la fórmula original: asimismo, mencionar que el costo indicado hace referencia solo al costo fórmula, más no a los costos variables, fijos o de transferencia, los cuales son cargados por el área comercial.

Tabla 2: Estructura de costo fórmula del producto final

Componente	Composición		Costo	
	Unidad	Valor	Unidad	Valor
Bizcocho	g	12	s/.	0.0248
Almíbar	g	4	s/.	0.0066
Dulce de leche	g	6	s/.	0.0240
Cobertura de chocolate	g	8	s/.	0.0304
Total	g	30	s/.	0.0858

Para determinar el costo del bizcocho, el cual es materia de estudio en este trabajo se utilizaron los precios para insumos que se detallan en el Anexo 1.

3.5.3. VALIDACIÓN SENSORIAL

El producto obtenido con la fórmula modificada y que hubiera aprobado la validación de costo fórmula, es finalmente evaluado sensorialmente. El diseño estadístico empleado se definió en función al tipo de prueba sensorial y a la cantidad de muestras que el panelista evaluaría.

a. PRUEBA DE ACEPTABILIDAD

Esta prueba sensorial fue realizada con el soporte de un panel entrenado conformado por 20 personas de las áreas de Investigación y Desarrollo y del área de Aseguramiento de la Calidad; asimismo, son considerado “entrenados” porque reciben entrenamiento semestral por las casas de sabores Givaudan y Frutarom. Las variables a evaluar en la prueba de aceptabilidad fueron “textura” y “sensación de humedad”.

En la Figura 11 se observa la ficha que se utilizó para la prueba de aceptabilidad, donde a cada panelista se le entregó 2 muestras de bizcocho, uno producido con la línea y fórmula antigua, y otro bizcocho producido con la línea y fórmula nueva; cada uno con su ficha respectiva. Las muestras fueron rotuladas con códigos de 3 dígitos para que al panelista no pueda distinguir en que línea fue producida.

TEST DE ACEPTABILIDAD

Nombre: _____ Edad: _____

Usted va a recibir **1 muestra de bizcocho**. Por favor, probar la muestra siguiendo las indicaciones recomendadas. Respecto a los atributos "**Textura**" y "**Sensación de humedad**" marque con una X la opción que usted crea conveniente.

	Textura	Sensación de humedad
Me gusta mucho		
Me gusta		
No me gusta ni me disgusta		
Me desagrada		
Me desagrada bastante		

Comentarios: _____

Figura 11: Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad

b. PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA

Para la evaluación de preferencia del producto de la nueva línea versus el de la antigua línea, se utilizó la prueba no paramétrica de preferencia pareada; para la evaluación e interpretación de resultados se aplicó la prueba estadística no paramétrica de Friedman a un nivel de significancia de 0.05.

Esta prueba fue realizada con consumidores finales (panelistas no entrenados), realizándose en un total de 100 personas. Como se observa en la Figura 12, la ficha indica que el panelista puede determinar su orden de preferencia para las dos muestras entregadas.

TEST DE PREFERENCIA

Nombre: _____ Edad: _____ Fecha: _____

Usted va a recibir **2 muestras de bizcocho**. Por favor, probar la muestra siguiendo las indicaciones recomendadas. Marque colocando en primer (1) lugar la que prefiera más y la que sea de menor preferencia colocar el número (2).

Código	Orden de preferencia
325	
428	

Comentarios: _____

Figura 12: Ficha de evaluación para la prueba de preferencia

Las muestras fueron codificadas con números de 3 dígitos al azar, designándose el código 325 al bizcocho producido con la fórmula y línea antigua, y el código 428 al que fue producido con la fórmula ajustada en la nueva línea de procesamiento.

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Uno de los objetivos en el ajuste de fórmula fue disminuir el espesor del bizcocho horneado, para ello se trabajó en la sustitución de harina de trigo por almidón de maíz. Como se observa en la Tabla 3, se realizaron 6 tratamientos con diferentes sustituciones de harina de trigo por almidón de maíz, manteniendo constante el porcentaje de los demás ingredientes.

Tabla 3: Porcentaje de sustitución de harina en la formulación

Ingredientes (%)	Porcentaje de sustitución					
	0%	2%	4%	6%	8%	10%
Harina de trigo	33%	31%	29%	27%	25%	23%
Almidón de maíz	0%	2%	4%	6%	8%	10%
Otros ingredientes	67% 67%	67%	67%	67%	67%	67%

Una vez que se tuvo definido el porcentaje óptimo de sustitución de harina de trigo por almidón de maíz; se empezó a trabajar en la sustitución de agua por sorbitol, esto con la finalidad de mejorar el nivel de humedad y frescura en el producto final. Como se observa en la Tabla 4, se trabajó 6 tratamientos de sustitución de agua por sorbitol. Para esta segunda corrida se mantuvo constante la harina de trigo y almidón de maíz definidos en la primera corrida; asimismo, las cantidades de los demás ingredientes.

Tabla 4: Porcentaje de sustitución de agua por sorbitol

Ingredientes (%)	Porcentaje de sustitución					
	1.2%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	3.5%
Harina de trigo	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Almidón de maíz	8%	8%	8%	8%	8%	8%
Agua	12.6%	12.3%	11.8%	11.3%	10.8%	10.3%
Sorbitol	1.2%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	3.5%
Otros ingredientes	53%	53%	53%	53%	53%	53%

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. AJUSTE DE FÓRMULA

4.1.1. PESO Y ESPESOR DE BIZCOCHO HORNEADO

En la Tabla 5 se presenta los resultados de peso y espesor obtenido del bizcocho horneado con los diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por almidón de maíz.

Tabla 5: Valores de peso y espesor del bizcocho horneado

Nivel de sustitución por almidón	Unidad	Peso de bizcocho horneado	Unidad	Espesor de bizcocho horneado
Sustitución al 0%	g	$10.12 \pm 0.05^{(1)}$	mm	$8.70 \pm 0.09^{(2)}$
Sustitución al 2%	g	$10.53 \pm 0.08^{(1)}$	mm	$9.23 \pm 0.10^{(2)}$
Sustitución al 4%	g	$10.82 \pm 0.03^{(1)}$	mm	$9.79 \pm 0.03^{(2)}$
Sustitución al 6%	g	$11.33 \pm 0.04^{(1)}$	mm	$10.38 \pm 0.03^{(2)}$
Sustitución al 8%	g	$12.84 \pm 0.01^{(1)}$	mm	$11.09 \pm 0.11^{(2)}$
Sustitución al 10%	g	$12.28 \pm 0.03^{(1)}$	mm	$11.58 \pm 0.10^{(2)}$

(1): Promedio de pesos de 4 repeticiones \pm Desviación Estándar (DE). (1): Las medidas para tomar el peso fueron 32 mm x 160 mm. (3): Promedio de pesos de 4 repeticiones \pm DE.

Para las mediciones del peso se consideró rectángulos de 32 mm x 160 mm, mientras que para el espesor se realizó directamente en el bizcocho horneado. Para ambos casos se tomaron 4 repeticiones; asimismo, cada repetición corresponde al promedio de las medidas tomadas a los bordes y al medio del bizcocho horneado (ver Figura 8). Este tipo de masas se hornean directamente en la banda del horno, ya que Duncan (1989) menciona que estas masas esponjosas son batidos aireados que se bombean por un tubo múltiple distribuidor desde dónde se deposita directamente en la banda del horno o en bandejas.

Tal y como se indica en el Anexo 2, el rango de peso establecido para el bizcocho horneado fue de 11.8 g a 12.2 g; sin embargo, en la Tabla 5 se observa que al utilizar la fórmula original

(0% de sustitución) el peso promedio obtenido fue de 10.12 g, y esta falta de peso generaba que al armar el producto final con el dulce de leche y la cobertura de chocolate no se llegue al peso final establecido para el producto final que era de 30 g.

Por otra parte, el espesor establecido para el bizcocho horneado era de 9.5 mm – 11.0 mm; sin embargo, se observa en la Tabla 5 que al utilizar la fórmula original (0% de sustitución) el espesor obtenido fue de 8.70 mm en promedio. Esta medida de espesor ocasionaba que, al armarse el producto final con relleno y cobertura, no se cumpliera con la altura estándar del producto final; asimismo, la falta de peso y textura quebradiza (poco flexible) generaba que el producto no cumpla con los criterios de calidad establecidos.

La acción correctiva que se realizó en la formulación fue la sustitución parcialmente de la harina de trigo por almidón de maíz con la finalidad de bajar el porcentaje de proteína (gluten), y así relajar la masa. Debido a que, como mencionan Bajaj *et al.* (2019), los bizcochos elaborados con la adición de almidones nativos o gelatinizados de diferentes fuentes botánicas muestran mayor elasticidad, volumen específico, cohesión y resiliencia.

Analizando los resultados obtenidos se observa que a medida que aumenta la sustitución, el peso se va incrementando, esto puede ser a que al momento del horneado el almidón se gelatiniza, por ende, absorbe y retiene agua dejando menos agua disponible para la evaporación, es por ello que a medida que se aumenta el porcentaje de almidón se retiene más agua y por ende el peso aumenta. Según Anastasiades *et al.* (2002), el aumento en la absorción de agua durante la cocción de los almidones mostró una menor disponibilidad de agua libre y, por lo tanto, aumentó el comportamiento viscoelástico en comparación con el bizcocho preparado con harina de trigo 100%.

Según el rango de peso establecido en la especificación técnica (Anexo 2), los tratamientos que más se ajustan son los que tuvieron una sustitución al 8% y 10%, quienes registraron un peso promedio de 11.84 g y 12.28 g, respectivamente.

Analizando el espesor obtenido por cada uno de los tratamientos, se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución el espesor va aumentando, esto coincide a lo experimentado por Bajaj *et al.* (2019), quienes probaron en fórmulas de bizcocho sustituciones del 10% hasta el 40% por almidón de maíz, en todos los casos se presentó un

aumento de volumen y resiliencia respecto a la formulación que era 100% harina de trigo. Por otra parte, Kim & Jang (2005) también realizaron pruebas de sustitución de harina de trigo por almidón de maíz, sin embargo, ellos obtuvieron incrementos de volumen solo hasta sustituciones del 30%, puestos que sustituciones superiores a 30% el volumen empezaba a decrecer. En el presente trabajo solo se realizó sustituciones de hasta el 10% por lo que en todos los casos se presentó un incremento de volumen.

Este aumento de volumen corresponde a que al aumentar el porcentaje de almidón también aumenta la viscosidad de la masa, asimismo, este aumento de viscosidad hace que se retenga mayor cantidad de aire tanto en el batido como en el horneado; así lo indican Bajaj *et al.* (2019) y Kim & Jang (2005), quienes coinciden en que el volumen final del bizcocho debe mantenerse estable hasta que después de hornear el bizcocho, ya que las burbujas de aire formadas durante el batido es estable a medida que aumenta la viscosidad del medio.

En la Tabla 5 se observa que las sustituciones a partir del 6% presentaron un espesor que se encuentra dentro del rango establecido; sin embargo, estos resultados deben ser triangulados con el peso promedio obtenido, esto con el fin de que ambos valores puedan cumplir con lo indicado en la especificación técnica. Cruzando ambas informaciones se pudo determinar que el tratamiento optimo era la sustitución al 8%; ya que, si bien es cierto que la sustitución al 10% cumple con el peso establecido, esta no cumple con el aspecto del espesor, por encontrarse por encima del rango establecido, lo que acarrearía problemas en el envasado final.

4.1.2. HUMEDAD DEL BIZCOCHO HORNEADO

De acuerdo a lo experimentado con los diferentes tratamientos de sustitución de harina de trigo por almidón de maíz, se determinó que el tratamiento óptimo fue la sustitución al 8%, ya que cumplía tanto con el peso, como con el espesor descrito en la especificación técnica.

En la Tabla 6 se observa los valores de humedad obtenidos para los bizcochos horneados. La fórmula original tenía en su formulación 1.2% de sorbitol con una humedad de 13.03% en promedio, encontrándose este valor por debajo del rango establecido en la especificación técnica. Esta baja humedad puede ser a que el proceso de enfriado era mucho más largo que el de la antigua línea; la línea nueva tenía una banda de enfriado que era alrededor de 80 m

de largo hasta llegar a la mesa de trabajo, a diferencia de la línea antigua en el que la banda de enfriado era de 10 m, aproximadamente.

Tabla 6: Valores de humedad para el bizcocho horneado

Nivel de sustitución	Unidad	Humedad en el bizcocho
Sorbitol 1.2%	%	13.03 ± 0.18 ⁽¹⁾
Sorbitol 1.5%	%	13.70 ± 0.08 ⁽¹⁾
Sorbitol 2.0%	%	14.20 ± 0.18 ⁽¹⁾
Sorbitol 2.5%	%	14.93 ± 0.15 ⁽¹⁾
Sorbitol 3.0%	%	15.50 ± 0.08 ⁽¹⁾
Sorbitol 3.5%	%	16.20 ± 0.08 ⁽¹⁾

(1): promedio de 4 repeticiones ± DE.

Debido a la baja humedad obtenida se analizó cuál de los ingredientes ya existentes en la formulación podría ayudar a incrementar el nivel de humedad en el bizcocho, uno de ellos fue el sorbitol, perteneciente a la familia de los polialcoholes. Sobre este, Según Miller & Huber (2008) exponen que los polialcoholes pueden contribuir de forma importante a la estabilidad de los alimentos de humedad intermedia como son los bizcochos. Por otra parte, Baeva *et al*, (2003) mencionan que tuvieron resultados satisfactorios al aplicar una combinación de almidón con sorbitol en formulación de bizcochuelos, donde además de un mejor volumen, se obtuvo una humedad más homogénea en todo el producto.

En la Tabla 6 se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de sorbitol en la formulación, también se va incrementando el nivel de humedad en el bizcocho horneado; en base al rango de humedad establecido en la ficha técnica (15% - 20%), los tratamientos que estarían cumpliendo son los que contienen 3.0% y 3.5% de sorbitol. Si bien es cierto se podría seguir incrementando el nivel de sorbitol para incrementar la humedad; en base a los resultados obtenidos se decidió considerar en la formulación 3.5%, ya que niveles mayores podría afectar el costo de fórmula. Silveira & Jonas (2002) explican que el sorbitol es un excelente agente humectante, ya que su contenido de humedad cambia ligeramente sobre un amplio rango de humedad relativa en el ambiente, a diferencia de otros humectantes empleados tradicionalmente como la glicerina y los glicoles.

4.1.3. DENSIDAD DE LA MASA

En la Tabla 7 se observa los resultados obtenidos para la medición de densidad en todas las sustituciones tanto al finalizar el batido como después del turboemulsor. Con respecto a los valores obtenidos al finalizar el batido, se puede observar que estos se incrementan ligeramente a medida que se aumenta la sustitución; sin embargo, estos no llegan a ser significativos ya que en todos los casos se mantiene alrededor de 0.90 g/ml. Esto último difiere a lo experimentado por Kim & Jang (2005), quienes al aumentar los niveles de sustitución de harina de trigo por almidón de maíz observaron que la densidad de la masa iba disminuyendo.

Tabla 7: Valores de densidad de la masa respecto a la sustitución de harina de trigo por almidón de maíz

Nivel de sustitución	Unidad	Antes del turboemulsor	Después del turboemulsor
Sustitución al 0%	g/ml	0.976 ⁽¹⁾	0.658 ⁽¹⁾
Sustitución al 2%	g/ml	0.981 ⁽¹⁾	0.661 ⁽¹⁾
Sustitución al 4%	g/ml	0.985 ⁽¹⁾	0.667 ⁽¹⁾
Sustitución al 6%	g/ml	0.989 ⁽¹⁾	0.668 ⁽¹⁾
Sustitución al 8%	g/ml	0.991 ⁽¹⁾	0.705 ⁽¹⁾
Sustitución al 10%	g/ml	0.995 ⁽¹⁾	0.712 ⁽¹⁾

(1): Promedio de 3 repeticiones.

Esta diferencia, puede deberse a que Kim & Jang (2005) realizaron sustituciones más agresivas desde el 10% hasta el 40%, mientras que en este trabajo solo se realizó sustituciones hasta el 10%. Por otra parte, analizando los resultados obtenidos después del turboemulsor se puede ver que los valores de densidad disminuyen significativamente debido a la inyección de aire dada a la masa. Según TT Italy (2021), el mezclador Turbo está diseñado para emulsionar y airear la masa, con el fin de lograr el peso específico final deseado. Esta emulsificación se logra gracias al diseño y la tecnología de construcción del rotor y el estator, asimismo, la aireación se logra mediante la inyección de aire / gas directamente en el cabezal del turbo. Es importante mencionar que el turboemulsor aparte de airear la masa, hace que los alveolos sean mucho más uniformes en el producto terminado, lo cual pudo ser evidenciado en el producto final.

4.2. VALIDACIÓN DE COSTO FÓRMULA

Habiéndose terminado el ajuste de fórmula, el siguiente paso para continuar con el proceso de migración de fórmula fue calcular costo de formulación. Para esto se tomó en cuenta lo estipulado por el área comercial de Marketing: el incremento de costo fórmula no deberá ser mayor al 8%.

Como se observa en la Tabla 8, el costo por producto terminado de 30 g era de s/. 0.0858 para la fórmula original, y de s/ 0.0877 para la fórmula ajustada. Este nuevo costo representa un incremento porcentual de 2.21%, y se encuentra dentro de lo aceptable ya que este no debería superar el 8% del costo fórmula original.

Tabla 8: Costo fórmula de la fórmula antigua y fórmula ajustada

Componente	Composición		Costo fórmula original		Costo fórmula ajustada	
	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor
Bizcocho	g	12	s/.	0.0248	s/.	0.0267
Almíbar	g	4	s/.	0.0066	s/.	0.0066
Dulce de leche	g	6	s/.	0.0240	s/.	0.0240
Cobertura de chocolate	g	8	s/.	0.0304	s/.	0.0304
Total	g	30	s/.	0.0858	s/.	0.0877

El costo de los insumos se detalla en el Anexo 1 y el cálculo de costo de la masa se presenta en el Anexo 3. Asimismo, es importante mencionar que para el cálculo del costo fórmula se toma como referencia el costo de insumos sin IGV ya que este después es recuperado bajo crédito fiscal por el área contable.

Para determinar el costo del producto terminado, el costo fórmula debe complementarse con los otros costos variables como mano de obra o energía y los costos fijos.

4.3. VALIDACIÓN SENSORIAL

Una vez validado el costo fórmula, como último punto se procedió a realizar la validación sensorial. Para esto se realizó una prueba de aceptación y una prueba de preferencia pareada para ambos productos terminados (fórmula original y fórmula modificada).

4.3.1. PRUEBA DE ACEPTACIÓN

La prueba de aceptación fue realizada con un panel entrenado conformado por 20 personas pertenecientes al área de Investigación y Desarrollo, Calidad y Producción de la empresa.

Las muestras fueron entregadas por separado y cada panelista procedió a evaluarlas en función a los atributos de textura y sensación de humedad tal, en lineamiento con lo descrito en la metodología. Los resultados obtenidos de cada panelista se muestran en el Anexo 4 y la ficha de evaluación por muestra se detalla en la Figura 11.

En la Figura 13 se observa que para el atributo *textura* en la fórmula original, solo al 5% “le gusta mucho”, mientras que a un 40% indicó que “le gusta”. Para considerar que el producto es aceptable, y según las indicaciones de Marketing, se consideró el Top Box y el Top Two Box (TTB). Teniendo este criterio, la evaluación de textura para la fórmula original arrojó un TTB de 45%.

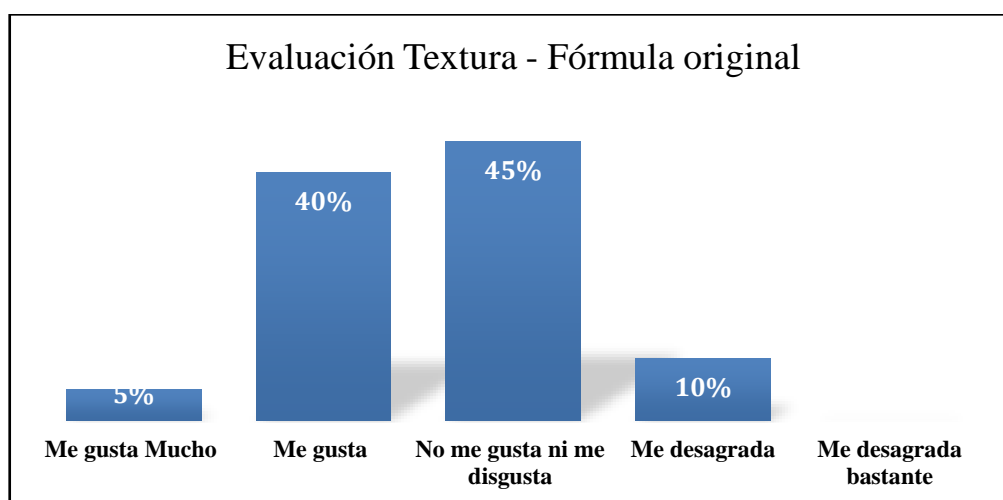


Figura 13: Resultados evaluación textura - fórmula original

En la Figura 14 se muestra los resultados de *textura* para la fórmula ajustada, donde esta obtuvo un TTB del 90% y un TB del 55%. Es importante mencionar que para el descriptor “me desagrada” este obtuvo 0%, mientras que la fórmula original obtuvo 10%.

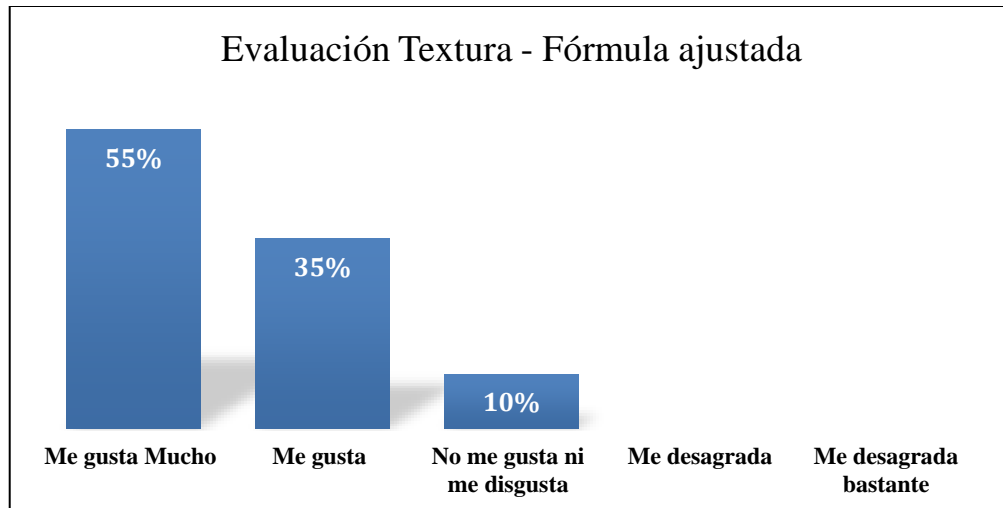


Figura 14: Resultados evaluación textura - fórmula ajustada

Bajo los resultados obtenidos para el atributo *textura* se puede concluir que la fórmula ajustada tuvo mayor aceptación que la fórmula original.

En la Figura 15 se observa los resultados obtenidos para el atributo *humedad* para la fórmula original, obteniendo para el descriptor “Me gusta mucho” un 0%; mientras que para el descriptor “Me gusta” obtuvo 40%; esto hace conllevó a TTB del 40%. Algo importante a mencionar es que el descriptor “Me desagrada” obtuvo un 15%.

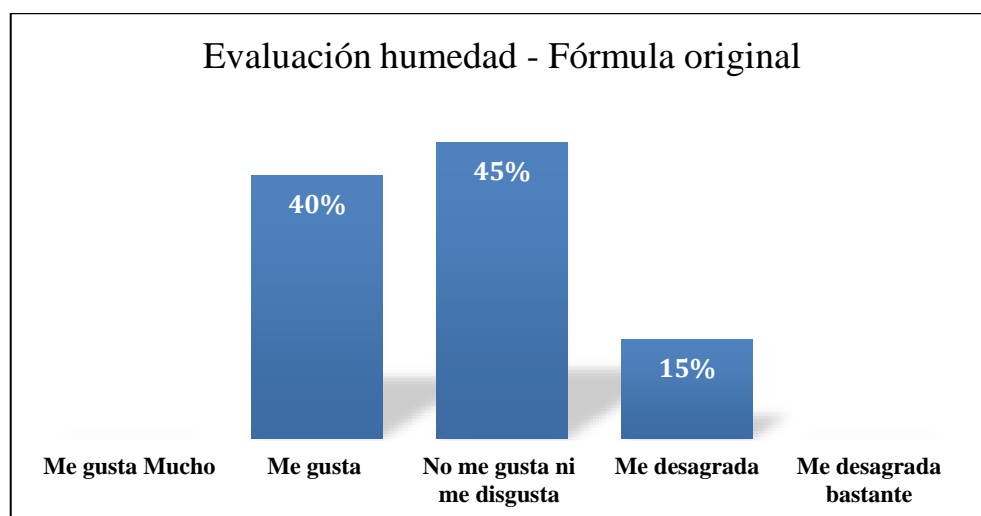


Figura 15: Resultados evaluación humedad - fórmula original

En la Figura 16 se observa los resultados obtenidos para el atributo *humedad* para la fórmula ajustada, para el descriptor “Me gusta mucho” se obtuvo un 25%, mientras que para el descriptor “Me gusta” se reportó un 65%; esto hace un TTB del 90%.



Figura 16: Resultados evaluación humedad - fórmula ajustada

Hay que recalcar que la fórmula ajustada presentó 0% para el descriptor “Me desagrada” y solo un 10% para el descriptor “No me gusta no me disgusta”.

Bajo los resultados obtenidos para el atributo *sensación de humedad* se puede concluir que la fórmula ajustada tuvo mayor aceptación que la fórmula original.

4.3.2. PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA

Una vez realizada la prueba de aceptabilidad, se procedió a realizar a prueba de preferencia pareada en 100 jóvenes de 17 a 22 años de edad (hombres y mujeres). Para este caso se les presentó 2 muestras a los panelistas, una muestra correspondiente a lo producido con la antigua línea y antigua fórmula, y otra muestra correspondiente a lo producido en la nueva línea con la fórmula ajustada. Para esta prueba se usó la ficha indicada en la Figura 12, donde los códigos asignados fueron los siguientes:

- **Código 325:** Producto de la antigua línea con la fórmula.
- **Código 428:** Producto de la nueva línea con fórmula ajustada.

En el Anexo 5 se reporta los resultados de los 100 panelistas a los cuales se les entregó las muestras a evaluar; asimismo, en la Figura 17 se puede ver que el 89% prefirieron la muestra producida en la nueva línea con la fórmula ajustada, mientras que solo el 11% prefirieron la muestra producida en la antigua línea con la fórmula original.

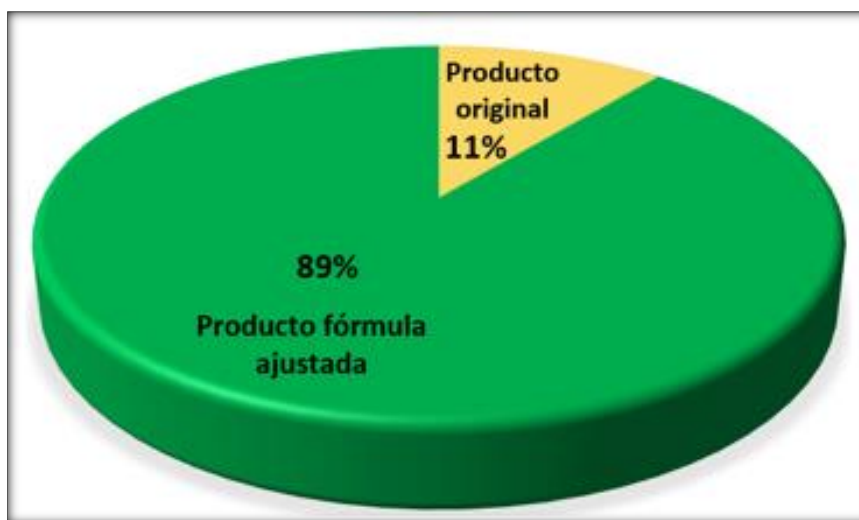


Figura 17: Resultados de prueba de preferencia pareada

Con los resultados obtenidos se procedió a aplicar la prueba no paramétrica de Friedman, en el Anexo 6 se detallan los cálculos realizados, en los cuales se obtuvo una $X^2_{cal} = 32.47$, mientras que en base a la tabla de distribución chi cuadrado se obtuvo un $X^2_{tab} = 7.815$ (Anexo 7). Al comparar se obtiene que $X^2_{cal} > X^2_{tab}$, por lo tanto, se rechaza H_0 , es decir existe evidencia estadística a un nivel de confianza del 95% que *hay diferencias significativas* en la preferencia de las muestras de bizcochos.

En base a lo calculado con la data obtenida de los resultados, *se pudo concluir* que hubo mayor preferencia por la muestra de la nueva línea producida con la fórmula ajustada.

4.4. APLICACIÓN DE COMPETENCIAS PROFESIONALES

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional se encuentra enmarcado dentro de las actividades realizadas por el Bachiller en Ciencias – Industrias Alimentarias en una Empresa Panificadora, desempeñando el cargo de Ingeniero de Desarrollo de Productos. Donde la carrera de Industrias Alimentarias permite el correcto desenvolvimiento dentro de la empresa, tanto en conocimientos como en competencias adquiridas.

En la elaboración de bizcochos rellenos cubiertos con chocolate se realizaron la selección y aprobación de ingredientes y aditivos para una fórmula, el diseño y desarrollo del proceso y del producto (de acuerdo con la legislación vigente del país), costeo de fórmulas, escalamiento del producto a nivel industrial, así como el seguimiento del desempeño del mismo a lo largo de su vida en anaquel. Estas funciones se desempeñaron adecuadamente, ya que se pusieron en práctica los conocimientos adquiridos durante los años de estudio, tal como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Cursos y conocimientos adquiridos aplicados en el ámbito laboral

Cursos	Conocimientos adquiridos puestos en práctica
Tecnología de leguminosas y cereales.	Selección de insumos para mejorar el performance de los bizcochos.
Ingeniería de la producción	Costeo de recetas y procesos de producción.
Química de alimentos	Información técnica de los aditivos alimentarios.

Asimismo, en el presente Trabajo de Suficiencia Profesional se puso en práctica el desarrollo de bizcochos, aplicando conocimientos específicos de análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial, aplicación de tratamientos de conservación, así como aplicación de aditivos, que guardan relación con las asignaturas mostradas en la Tabla 10.

Tabla 10: Cursos y conocimientos adquiridos aplicados en el control de calidad de bizcochos

Cursos	Conocimientos adquiridos puestos en práctica
Evaluación sensorial	Pruebas de preferencia y pruebas de aceptabilidad.
Control de calidad en alimentos	Parámetros de control en productos de panificación.

Finalmente, el desarrollo de capacidades y competencias durante la carrera, tales como trabajo en equipo, búsqueda y redacción apropiada de información técnico-científica, comunicación, empatía y responsabilidad en el trabajo, entre otros; permitió un correcto desenvolvimiento del bachiller en el centro laboral, así como en la ejecución exitosa de las labores y actividades encomendadas.

V. CONCLUSIONES

1. Se logró validar una nueva formulación de bizcocho en la nueva línea de procesamiento, lo que permitió continuar la producción con una mayor eficiencia.
2. La sustitución al 8% de harina de trigo por almidón de maíz fue la que mejor se ajustó al peso final y medidas dadas en la especificación técnica; asimismo, el incremento en el porcentaje de sorbitol en la fórmula original hasta 3.5% permitió mejorar los niveles de humedad en el producto final.
3. El costo de la fórmula ajustada presentó un incremento del 2.21%, el cual se encontró dentro de lo estimado por el Área Comercial, lo que permitió que la fórmula ajustada sea “viable” y aplicada en la nueva línea de producción.
4. El producto elaborado con la fórmula ajustada presentó un *mejor performance* en la prueba de aceptabilidad para los atributos de textura y sensación de humedad; asimismo, en la prueba de preferencia pareada el producto producido con la fórmula ajustada presentó una preferencia del 89% respecto al producto producido con la antigua fórmula en la antigua línea.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar nuevos ajustes de fórmula con nuevos ingredientes que permitan mejorar la textura y humedad en el producto final, esto debe realizarse con un plan establecido que permita tramitar un nuevo Registro Sanitario y actualizar los artes.
- Realizar nuevos ajustes en el perfil de horneado, el cual permita obtener productos con una mejor textura, altura, espesor y humedad.
- Realizar nuevas pruebas en la línea de horneado para disminuir el porcentaje de merma que se genera en los bordes del bizcocho horneado.
- Validar el tiempo de vida útil en el producto final con la nueva fórmula ajustada.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Anastasiades, A.; Thanou, S.; Loulis, D.; Stapatoris, A.; Karapantsios. T.D. (2002). Rheological and physical characterization of pregelatinized maize starches. *Journal of Food Engineering*, 52(1): 57-66. doi: 10.1016/S0260-8774(01)00086-3
- Baeva, M.R.; Terzieva, V.V.; Panchev, I.N. (2003). Structural development of sucrose-sweetened and sucrose-free sponge cakes during baking. *Die Nahrung*, 47(3): 154–160. doi: 10.1002/food.200390037
- Bajaj, R.; Singh, N.; Kaur, A. (2019). Effect of native and gelatinized starches from various sources on sponge cake making characteristics of wheat flour. *Journal of food science and technology*, 56(2): 1046-1055. doi: 10.1007/s13197-019-03632-w
- Becerra, J.E. (13 de Agosto de 2020). Cinco tendencias de consumo que la pandemia ha originado en la industria de alimentos y bebidas. *Diario Gestión*.
- Calaveras, J. (2004). *Nuevo tratado de panificación y bollería* (2° ed.). Madrid, España: Mundi - Prensa. 622 p.
- Drake, M. (2007). Invited review: sensory analysis of dairy foods. *Journal of Dairy Science*, 90: 4925-4937. doi: 10.3168/jds.2007-0332
- Duncan, J.R. (1989). *Tecnología de la industria galletera: galletas, crackers y otros horneados: un tratado extenso, orientado principalmente hacia las técnicas de control de procesos*. Zaragoza, España: Acribia. 484 p.
- Euromonitor. (2021). Baked goods in Latin America [sitio web]. Recuperado de <https://www.euromonitor.com/>

- Food and Agriculture Organization/ World Health Organization [FAO/WHO]. (1995). Codex Alimentarius. Codex Stan 192-1995: Norma general para los aditivos alimentarios. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Global Data. (2021). Peru: macroeconomic country Outlook [sitio web]. Recuperado de <https://www.globaldata.com>
- Hernández, A.E. (2005). Evaluación sensorial. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Kim, M.J. & Jang, M.S. (2005). Quality characteristics of sponge cakes with addition of corn starch. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 34(9): 1427-1433. doi: 10.3746/jkfn.2005.34.9.1427
- Mettler Toledo. (2015). Guía práctica: determinación de humedad mediante el analizador halógeno de humedad. Suiza: Mettler-Toledo AG. Recuperado de https://www.mt.com/dam/P5/labtec/05_Moisture_Analyzer/00_Family/05_Documents/01_Broschures/Guide_To_Moisture_Analysis_ES.pdf
- Miller, N.B. & Huber, K.C. (2008). Carbohidratos. En S. Samodaran; K.L. Parkin & O.R. Fennema (Eds.). Química de los alimentos (p. 114- 20). Zaragoza, España: Acribia.
- Ministerio de Salud del Perú [MINSA]. (25 de setiembre de 1998). Decreto Supremo N° 007-98-SA: Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas. Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano. 16 p.
- Molitalia. (2021). Tiempo de vida útil rotulado del producto Chocman [sitio web]. Recuperado de <https://www.molitalia.com.pe/productos/chocman/>
- Montgé, P. (2011). Nuevos procesos de transformación y control de productos alimenticios. En M. Albisu; J. Arnau; S. Bayarri; M. Campo; I. Carbonell; R. Catlá; G. Cabrián;...W. Verbeke (Eds.), Los retos actuales de la Industria Alimentaria (p. 15-

- 25). España: Fundación Tomás Pascual y Pilar Gómez-Cuétara. Recuperado de <https://docplayer.es/61775458-Los-retos-actuales-de-la-industria-alimentaria.html>
- Ramírez-Navas, J. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. Revista ReCiTeIA, 12: 83-102.
- Ramos, I. (2016). Panadería y Pastelería comercial. Lima, Perú: Macro. Recuperado de <https://editorialmacro.com/wp-content/uploads/2021/02/9786123043759.pdf>
- Schutz, H.G. (1971). Sources invalidity in the sensory evaluation of food. Food Technology, 25(3): 253-257.
- Silveira, M.M. & Jonas, R.J. (2002). The biotechnological production of sorbitol. Applied Microbiology and Biotechnology, 59: 400-408. doi: 10.1007/s00253-002-1046-0
- Stankov, S.S.; Baeva, M.R.; Petkova, N.T. (2018). Physical and sensory characteristics of sponge cakes containing an additive. International Food Research Journal, 25(5): 2099-2103. Recuperado de [http://www.ifrj.upm.edu.my/25%20\(05\)%202018/\(45\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/25%20(05)%202018/(45).pdf)
- TT Italy. (2021). Sponge cake line [sitio web]. Recuperado de <https://www.TTItaly.com/sponge-cake-line/>
- Ureta, M.M.; Olivera, D.F.; Salvadori, V.O. (2015). Baking of sponge cake: experimental characterization. Food Bioprocess Technol, 9: 664–674. doi:10.1007/s11947-015-1660-3
- Watts, B.M.; Ylimaki, G.L.; Jeffery, L.E.; Elías, L.G. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa, Canadá: Internacional Development Research Centre. Recuperado de <https://docplayer.es/10488398-Metodos-sensoriales-basicos-para-la-evaluacion-de-alimentos-b-m-watts-g-l-ylimaki-l-e-jeffery-l-g-elias-arc-hiv-89276.html>

Zayas, I.; Parra, D.; López, R.I.; Torres, J.D.D. (2015). Innovation, competitiveness and technological development in SME's from the municipality of Angostura, Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3): 603-617.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: LISTA DE PRECIOS DE INSUMOS

MATERIALES	Costo (s/. /kg)
AZUCAR BLANCA	1.62
HUEVO LIQUIDO PASTEURIZADO	4.20
GLUCOSA	2.34
LECHE DESCREMADA EN POLVO	9.37
SORBITOL	2.15
AGUA	0.00
ACEITE VEGETAL	3.70
EMULSIONANTE	7.44
SAL FINA	0.62
BICARBONATO DE SODIO	1.33
ALMIDÓN DE MAIZ	2.10
FOSFATO MONOCALCICO	6.52
CARBOXIMETIL CELULOSA C.M.C.	16.90
SORBATO POTASIO	11.34
PROPIANATO DE CALCIO	7.32
SABORIZANTE	66.46
GOMA XANTAN	23.74
HARINA INTERMEDIA	0.94
GLICERINA LIQUIDA	3.20
SUERO PERMEATO DE LECHE	3.30

ANEXO 2: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

STP-000038	BIZCOCHO RELLENO CON DULCE DE LECHE Y CON COBERTURA DE CHOCOLATE		
Producto Terminado	Elaborado por: Ing. Desarrollo	Fecha de Elaboración: 05/05/2018	Fecha de actualización: 01/06/2018
1.- DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO			
BIZCOCHO RELLENO CON DULCE DE LECHE Y CON COBERTURA DE CHOCOLATE			
2.- COMPOSICIÓN			
AZUCAR BLANCA , HUEVO LIQUIDO PASTEURIZADO, GLUCOSA, LECHE DESCREMADA EN POLVO, SORBITOL, AGUA, ACEITE VEGETAL, EMULSIONANTE, SAL FINA, BICARBONATO DE SODIO, ALMIDÓN DE MAIZ , FOSFATO MONOCÁLCICO, CARBOXIMETIL CELULOSA C.M.C., SORBATO POTASIO, PROPIANATO DE CALCIO, SABORIZANTE, GOMA XANTAN, HARINA INTERMEDIA, GLICERINA LIQUIDA, SUERO PERMEATO DE LECHE, DULCE DE LECHE, COBERTURA DE CHOCOLATE.			
3.- CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS (PRODUCTO TERMINADO)			
CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS			
REQUISITOS		CARACTERÍSTICAS	
COLOR		Marrón.	
OLOR		Chocolate.	
SABOR		Dulce, chocolate y vainilla	
TEXTURA		Esponjoso	
REQUISITOS		CARACTERÍSTICAS	
DENSIDAD DEL BATIDO AIREADO (g/ml)		0.60 - 0.70	
ESPESOR DE BATIDO (mm) antes del horneado		4.0 - 5.5	
PESO DEL BIZCOCHO (g)		11.9 - 12.0 - 12.1	
DIMENSIONES DEL BIZCOCHO:			
LARGO (mm) (Del cual saldrán dos capas)		160	
ANCHO (mm)		32.0	
ESPESOR (mm)		9.0 - 10.0 - 12.0	
PESO DE LA BAÑA (g)		3.9 - 4.0 - 4.1	
PESO DEL MANJAR (g)		5.9 - 6.0 - 6.1	
PESO DE LA COBERTURA (g)		7.90 - 8.00 - 8.10	
PESO DEL PRODUCTO TERMINADO (g)		28.90 - 30.00 - 31.35	
HUMEDAD BIZCOCHO (%)***		15.0 - 20.0	
CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS (*)			
REQUISITOS		CARACTERÍSTICAS	
Bacillus cereus		n = 5, c = 1, m = 10 ² , M = 10 ⁴	
Mohos		n = 5, c = 2, m = 10 ² , M = 10 ³	
Staphylococcus aureus		n = 5, c = 1, m = 10, M = 10 ²	
Escherichia coli		n = 5, c = 1, m = 3, M = 20	
Salmonella sp.		n = 5, c = 0, Ausencia / 25 g	
n : Número de unidades de muestra a examinar			
c : Número permitido de unidades de muestra defectuosa			
m : Límite máximo aceptable, M : Límite máximo permisible; Límites por g			
(***) Según RM N°225-2016MINSA (Máx. 40%)			

4.- ESPECIFICACIONES DE ROTULADO DE LOTE		
FORMATO DE ROTULADO: <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> FP: 050116 FV: 050716 </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <u>Donde:</u> 05 (Día de producción) 01 (Mes de producción) 16 (Año de producción) 05 (Día de vencimiento) 07 (Mes de vencimiento) 16 (Año de vencimiento) </p>		
5.- ESPECIFICACIONES DE ENVASADO		
TIPO DE ENVASADO	:	MANUAL
LAMINA INTERNA	:	BILAM PET + BOPP
6.- CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO		
Conservar en ambiente limpio, fresco y seco. (Se recomienda Máx. 25°C, 70% H.R.). No exponer al sol.		
7.- VIDA ÚTIL DEL PRODUCTO		
6 meses de vida útil en buenas condiciones de almacenamiento.		
8.- USO PRESUNTO DEL PRODUCTO/ POBLACIÓN OBJETIVO		
<ul style="list-style-type: none"> - Consumo directo. - Apto para el público en general. No apto para diabéticos. Ni alérgicos sensibles. 		
9.- CONTENIDO DEL ROTULADO		
Marca, presentación del producto, número de lote, fecha de elaboración, fecha de vencimiento, peso neto, datos del fabricante, condiciones de almacenamiento, códigos de barras, ingredientes, alérgenos, información nutricional, registro sanitario.		

ANEXO 3: CÁLCULO DE COSTO DE LA MASA

MATERIALES	Costo Kg	FÓRMULA ORIGINAL			FÓRMULA MODIFICADA		
		CANTIDAD	PORCENTAJE	COSTO TOTAL	CANTIDAD	PORCENTAJE	COSTO TOTAL
AZUCAR BLANCA	1.62	86.03337089	26.961%	139.10	86.03337089	26.95%	139.10
HUEVO LIQUIDO PASTEURIZADO	4.20	38.23711131	11.983%	160.60	38.23711131	11.98%	160.60
GLUCOSA	2.34	11.47097792	3.595%	26.88	11.47097792	3.59%	26.88
LECHE DESCREMADA EN POLVO	9.37	2.868003605	0.899%	26.86	2.868003605	0.90%	26.86
SORBITOL	2.15	3.823659306	1.198%	8.22	11.16849527	3.50%	24.01
AGUA	0.00	40.14894096	12.582%	0.00	32.77147215	10.27%	0.00
ACEITE VEGETAL	3.70	13.38280757	4.194%	49.46	13.38280757	4.19%	49.46
EMULSIONANTE	7.44	3.823659306	1.198%	28.45	3.823659306	1.20%	28.45
SAL FINA	0.62	1.625236593	0.509%	1.01	1.625236593	0.51%	1.01
BICARBONATO DE SODIO	1.33	0.401644885	0.126%	0.53	0.401644885	0.13%	0.53
ALMIDÓN DE MAIZ	2.10	0	0.000%	0.00	25.52798918	8.00%	53.61
FOSFATO MONOCALCICO	6.52	0.315615142	0.099%	2.06	0.315615142	0.10%	2.06
CARBOXIMETIL CELULOSA C.M.C.	16.90	0.287111311	0.090%	4.85	0.287111311	0.09%	4.85
SORBATO POTASIO	11.34	0.239432177	0.075%	2.72	0.239432177	0.08%	2.72
PROPIANATO DE CALCIO	7.32	0.210410095	0.066%	1.54	0.210410095	0.07%	1.54
SABORIZANTE	36.10	0.172577738	0.054%	6.23	0.172577738	0.05%	6.23
GOMA XANTAN	23.74	0.009846778	0.003%	0.23	0.009846778	0.00%	0.23

HARINA INTERMEDIA	0.94	105.1516674	32.953%	99.04	79.7749662	24.99%	75.14
GLICERINA LIQUIDA	3.20	8.029788193	2.516%	25.70	8.029788193	2.52%	25.70
SUERO PERMEATO DE LECHE	3.30	2.868003605	0.899%	9.46	2.868003605	0.90%	9.46
TOTAL		319.0998648	100.000%	592.94	319.2185199	100.00%	638.44

Costo Kg. (S/.)		1.86		2.00
------------------------	--	-------------	--	-------------

Descripción	Cantidad	Costo Kg (S/.)	Total
Bizcocho	13.3	2.000	0.027
Almibar	4	1.650	0.007
Dulce de leche	6	4.000	0.024
Cobertura de chocolate	8	3.800	0.030
Costo Total (S/.)			0.088

ANEXO 4: RESULTADOS DE PRUEBA DE ACEPTABILIDAD

TEXTURA

Fórmula original

Atributo	# personas	Porcentaje
Me gusta Mucho	1	5%
Me gusta	8	40%
No me gusta ni me disgusta	9	45%
Me desagrada	2	10%
Me desagrada bastante	0	0%
	20	100%

Fórmula ajustada

Atributo	# personas	Porcentaje
Me gusta Mucho	11	55%
Me gusta	7	35%
No me gusta ni me disgusta	2	10%
Me desagrada	0	0%
Me desagrada bastante	0	0%
	20	100%

Humedad

Fórmula original

Atributo	# personas	Porcentaje
Me gusta Mucho	0	0%
Me gusta	8	40%
No me gusta ni me disgusta	9	45%
Me desagrada	3	15%
Me desagrada bastante	0	0%
	20	100%

Fórmula original

Atributo	# personas	Porcentaje
Me gusta Mucho	5	25%
Me gusta	13	65%
No me gusta ni me disgusta	2	10%
Me desagrada	0	0%
Me desagrada bastante	0	0%
	20	100%

ANEXO 5: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PREFERENCIA

Número	Edad	Sexo	325	428
Panelista 1	17	M	2	1
Panelista 2	20	M	1	2
Panelista 3	19	M	2	1
Panelista 4	19	F	2	1
Panelista 5	18	M	1	2
Panelista 6	17	F	2	1
Panelista 7	17	F	2	1
Panelista 8	16	F	1	2
Panelista 9	16	M	2	1
Panelista 10	20	M	2	1
Panelista 11	19	M	2	1
Panelista 12	17	F	2	1
Panelista 13	16	F	2	1
Panelista 14	19	F	1	2
Panelista 15	16	F	2	1
Panelista 16	18	M	2	1
Panelista 17	19	M	2	1
Panelista 18	20	M	2	1
Panelista 19	18	F	2	1
Panelista 20	17	F	1	2
Panelista 21	19	F	2	1
Panelista 22	17	M	2	1
Panelista 23	17	M	2	1
Panelista 24	20	M	2	1
Panelista 25	19	F	2	1
Panelista 26	17	F	2	1
Panelista 27	20	F	2	1
Panelista 28	17	M	2	1
Panelista 29	16	M	2	1
Panelista 30	19	M	2	1
Panelista 31	16	M	2	1
Panelista 32	20	F	2	1

«continuación»

Panelista 33	19	F	2	1
Panelista 34	17	F	2	1
Panelista 35	20	F	1	2
Panelista 36	17	M	2	1
Panelista 37	20	M	2	1
Panelista 38	19	M	2	1
Panelista 39	16	F	2	1
Panelista 40	18	F	2	1
Panelista 41	17	F	2	1
Panelista 42	17	F	1	2
Panelista 43	20	M	2	1
Panelista 44	19	M	2	1
Panelista 45	19	M	2	1
Panelista 46	16	M	2	1
Panelista 47	18	F	2	1
Panelista 48	17	F	2	1
Panelista 49	20	F	2	1
Panelista 50	19	F	2	1
Panelista 51	18	M	1	2
Panelista 52	16	M	2	1
Panelista 53	19	M	2	1
Panelista 54	19	F	2	1
Panelista 55	16	M	2	1
Panelista 56	20	F	2	1
Panelista 57	19	F	2	1
Panelista 58	17	M	2	1
Panelista 59	19	M	2	1
Panelista 60	16	M	2	1
Panelista 61	17	F	2	1
Panelista 62	19	F	2	1
Panelista 63	17	M	1	2
Panelista 64	20	M	2	1
Panelista 65	19	M	2	1
Panelista 66	16	F	2	1

«continuación»

Panelista 67	16	F	1	2
Panelista 68	17	M	2	1
Panelista 69	18	F	2	1
Panelista 70	20	M	2	1
Panelista 71	19	F	2	1
Panelista 72	16	F	2	1
Panelista 73	16	F	2	1
Panelista 74	19	F	2	1
Panelista 75	18	M	2	1
Panelista 76	19	M	1	2
Panelista 77	18	F	2	1
Panelista 78	17	F	2	1
Panelista 79	19	F	2	1
Panelista 80	20	M	2	1
Panelista 81	19	M	2	1
Panelista 82	17	M	2	1
Panelista 83	16	F	2	1
Panelista 84	19	M	2	1
Panelista 85	18	F	2	1
Panelista 86	20	M	2	1
Panelista 87	19	F	2	1
Panelista 88	16	M	2	1
Panelista 89	19	M	2	1
Panelista 90	17	M	2	1
Panelista 91	19	F	2	1
Panelista 92	18	F	2	1
Panelista 93	19	F	2	1
Panelista 94	20	M	2	1
Panelista 95	18	M	2	1
Panelista 96	16	M	2	1
Panelista 97	19	F	2	1
Panelista 98	20	F	2	1
Panelista 99	20	F	2	1
Panelista 100	17	M	2	1

ANEXO 6: CÁLCULOS DEL FRIEDMAN

Total de panelistas (Bloques): N=100

Total de muestras (tratamientos): K=2

- Prueba no paramétrica de Friedman

a. Hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en la preferencia de las muestras de bizcochos.

Ha: Existen diferencias significativas en la preferencia de las muestras de bizcochos.

b. Verificación

$$R_{..} = \frac{N * K(K + 1)}{2}$$
$$189 + 111 = \frac{100 * 2(2 + 1)}{2}$$
$$300 = 300$$

c. Obtención del estadístico de Friedman (χ^2 calculado y el tabular)

$$\chi^2 C = \frac{12 * \sum_{i=1}^4 Ri^2}{N * K(K + 1)} - 3 * N(K + 1)$$
$$\chi^2 C = 32.47$$
$$\chi^2 t(1 - 0.05; 3gl) = 7,815$$

ANEXO 7: TABLA CHI CUADRADO

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2746	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2 . (Continuación)

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
30	59,7022	56,3325	53,6719	50,8922	46,9792	43,7730	40,2560	37,9902	36,2502	34,7997	33,5302	32,3815	31,3159	30,3073	29,3360
31	61,0980	57,6921	55,0025	52,1914	48,2319	44,9853	41,4217	39,1244	37,3591	35,8871	34,5981	33,4314	32,3486	31,3235	30,3359
32	62,4873	59,0461	56,3280	53,4857	49,4804	46,1942	42,5847	40,2563	38,4663	36,9730	35,6649	34,4804	33,3809	32,3394	31,3359
33	63,8694	60,3953	57,6483	54,7754	50,7251	47,3999	43,7452	41,3861	39,5718	38,0575	36,7307	35,5287	34,4126	33,3551	32,3358
34	65,2471	61,7382	58,9637	56,0609	51,9660	48,6024	44,9032	42,5140	40,6756	39,1408	37,7954	36,5763	35,4438	34,3706	33,3357
35	66,6192	63,0760	60,2746	57,3420	53,2033	49,8018	46,0588	43,6399	41,7780	40,2228	38,8591	37,6231	36,4746	35,3858	34,3356
36	67,9850	64,4097	61,5811	58,6192	54,4373	50,9985	47,2122	44,7641	42,8788	41,3036	39,9220	38,6693	37,5049	36,4008	35,3356
37	69,3476	65,7384	62,8832	59,8926	55,6680	52,1923	48,3634	45,8864	43,9782	42,3833	40,9839	39,7148	38,5348	37,4156	36,3355
38	70,7039	67,0628	64,1812	61,1620	56,8955	53,3835	49,5126	47,0072	45,0763	43,4619	42,0450	40,7597	39,5643	38,4302	37,3354
39	72,0550	68,3830	65,4753	62,4281	58,1201	54,5722	50,6598	48,1263	46,1730	44,5395	43,1053	41,8040	40,5935	39,4446	38,3354
40	73,4029	69,6987	66,7660	63,6908	59,3417	55,7585	51,8050	49,2438	47,2685	45,6160	44,1649	42,8477	41,6222	40,4589	39,3353
45	80,0776	76,2229	73,1660	69,9569	65,4101	61,6562	57,5053	54,8105	52,7288	50,9849	49,4517	48,0584	46,7607	45,5274	44,3351
50	86,6603	82,6637	79,4898	76,1538	71,4202	67,5048	63,1671	60,3460	58,1638	56,3336	54,7228	53,2576	51,8916	50,5923	49,3348
55	93,1671	89,0344	85,7491	82,2920	77,3804	73,3115	68,7962	65,8550	63,5772	61,6650	59,9804	58,4469	57,0160	55,6539	54,3348
60	99,6078	95,3443	91,9518	88,3794	83,2977	79,0820	74,3970	71,3411	68,9721	66,9815	65,2265	63,6277	62,1348	60,7128	59,3347
70	112,3167	107,8079	104,2148	100,4251	95,0231	90,5313	85,5270	82,2553	79,7147	77,5766	75,6893	73,9677	72,3583	70,8236	69,3345
80	124,8389	120,1018	116,3209	112,3288	106,6285	101,8795	96,5782	93,1058	90,4053	88,1303	86,1197	84,2840	82,5663	80,9266	79,3343
90	137,2082	132,2554	128,2987	124,1162	118,1359	113,1452	107,5650	103,9040	101,0537	98,6499	96,5238	94,5809	92,7614	91,0234	89,3342
100	149,4488	144,2925	140,1697	135,8069	129,5613	124,3421	118,4980	114,6588	111,6667	109,1412	106,9058	104,8615	102,9459	101,1149	99,3341
120	173,6184	168,0814	163,6485	158,9500	152,2113	146,5673	140,2326	136,0620	132,8063	130,0546	127,6159	125,3833	123,2890	121,2850	119,3340
140	197,4498	191,5653	186,8465	181,8405	174,6478	168,6130	161,8270	157,3517	153,8537	150,8941	148,2686	145,8629	143,6043	141,4413	139,3339
160	221,0197	214,8081	209,8238	204,5300	196,9152	190,5164	183,3106	178,5517	174,8283	171,6752	168,8759	166,3092	163,8977	161,5868	159,3338
180	244,3723	237,8548	232,6198	227,0563	219,0442	212,3039	204,7036	199,6786	195,7434	192,4086	189,4462	186,7282	184,1732	181,7234	179,3338
200	267,5388	260,7350	255,2638	249,4452	241,0578	233,9942	226,0210	220,7441	216,6088	213,1022	209,9854	207,1244	204,4337	201,8526	199,3337
250	324,8306	317,3609	311,3460	304,9393	295,6885	287,8815	279,0504	273,1944	268,5987	264,6970	261,2253	258,0355	255,0327	252,1497	249,3337
300	381,4239	373,3509	366,8439	359,9064	349,8745	341,3951	331,7885	325,4090	320,3971	316,1383	312,3460	308,8589	305,5741	302,4182	299,3336
500	603,4458	593,3580	585,2060	576,4931	563,8514	553,1269	540,9303	532,8028	526,4014	520,9505	516,0874	511,6081	507,3816	503,3147	499,3335
600	712,7726	701,8322	692,9809	683,5155	669,7690	658,0936	644,8004	635,9329	628,8157	622,9876	617,6713	612,7718	608,1468	603,6942	599,3335

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2 . (Continuación)

v/p	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999
1	0,3573	0,2750	0,2059	0,1485	0,1015	0,0642	0,0358	0,0158	0,0039	0,0010	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
2	1,1957	1,0217	0,8616	0,7133	0,5754	0,4463	0,3250	0,2107	0,1026	0,0506	0,0201	0,0100	0,0050	0,0020
3	2,1095	1,8692	1,6416	1,4237	1,2125	1,0052	0,7978	0,5844	0,3518	0,2158	0,1148	0,0717	0,0449	0,0243
4	3,0469	2,7528	2,4701	2,1947	1,9226	1,6488	1,3665	1,0636	0,7107	0,4844	0,2971	0,2070	0,1449	0,0908
5	3,9959	3,6555	3,3251	2,9999	2,6746	2,3425	1,9938	1,6103	1,1455	0,8312	0,5543	0,4118	0,3075	0,2102
6	4,9519	4,5702	4,1973	3,8276	3,4546	3,0701	2,6613	2,2041	1,6354	1,2373	0,8721	0,6757	0,5266	0,3810
7	5,9125	5,4932	5,0816	4,6713	4,2549	3,8223	3,3583	2,8331	2,1673	1,6899	1,2390	0,9893	0,7945	0,5985
8	6,8766	6,4226	5,9753	5,5274	5,0706	4,5936	4,0782	3,4895	2,7326	2,1797	1,6465	1,3444	1,1042	0,8571
9	7,8434	7,3570	6,8763	6,3933	5,8988	5,3801	4,8165	4,1682	3,3251	2,7004	2,0879	1,7349	1,4501	1,1519
10	8,8124	8,2955	7,7832	7,2672	6,7372	6,1791	5,5701	4,8652	3,9403	3,2470	2,5582	2,1558	1,8274	1,4787
11	9,7831	9,2373	8,6952	8,1479	7,5841	6,9887	6,3364	5,5778	4,5748	3,8157	3,0535	2,6032	2,2321	1,8338
12	10,7553	10,1820	9,6115	9,0343	8,4384	7,8073	7,1138	6,3038	5,2260	4,4038	3,5706	3,0738	2,6612	2,2141
13	11,7288	11,1291	10,5315	9,9257	9,2991	8,6339	7,9008	7,0415	5,8919	5,0087	4,1069	3,5650	3,1118	2,6172
14	12,7034	12,0785	11,4548	10,8215	10,1653	9,4673	8,6963	7,7895	6,5706	5,6287	4,6604	4,0747	3,5820	3,0407
15	13,6790	13,0298	12,3809	11,7212	11,0365	10,3070	9,4993	8,5468	7,2609	6,2621	5,2294	4,6009	4,0697	3,4825
16	14,6555	13,9827	13,3096	12,6243	11,9122	11,1521	10,3090	9,3122	7,9616	6,9077	5,8122	5,1422	4,5734	3,9417
17	15,6328	14,9373	14,2406	13,5307	12,7919	12,0023	11,1249	10,0852	8,6718	7,5642	6,4077	5,6973	5,0916	4,4162
18	16,6108	15,8932	15,1738	14,4399	13,6753	12,8570	11,9462	10,8649	9,3904	8,2307	7,0149	6,2648	5,6234	4,9048
19	17,5894	16,8504	16,1089	15,3517	14,5620	13,7158	12,7727	11,6509	10,1170	8,9065	7,6327	6,8439	6,1673	5,4067
20	18,5687	17,8088	17,0458	16,2659	15,4518	14,5784	13,6039	12,4426	10,8508	9,5908	8,2604	7,4338	6,7228	5,9210
21	19,5485	18,7683	17,9843	17,1823	16,3444	15,4446	14,4393	13,2396	11,5913	10,2829	8,8972	8,0336	7,2889	6,4467
22	20,5288	19,7288	18,9243	18,1007	17,2396	16,3140	15,2787	14,0415	12,3380	10,9823	9,5425	8,6427	7,8648	6,9829
23	21,5095	20,6902	19,8657	19,0211	18,1373	17,1865	16,1219	14,8480	13,0905	11,6885	10,1957	9,2604	8,4503	7,5291
24	22,4908	21,6525	20,8084	19,9432	19,0373	18,0618	16,9686	15,6587	13,8484	12,4011	10,8563	9,8862	9,0441	8,0847
25	23,4724	22,6156	21,7524	20,8670	19,9393	18,9397	17,8184	16,4734	14,6114	13,1197	11,5240	10,5196	9,6462	8,6494
26	24,4544	23,5794	22,6975	21,7924	20,8434	19,8202	18,6714	17,2919	15,3792	13,8439	12,1982	11,1602	10,2561	9,2222
27	25,4367	24,5440	23,6437	22,7192	21,7494	20,7030	19,5272	18,1139	16,1514	14,5734	12,8785	11,8077	10,8733	9,8029
28	26,4195	25,5092	24,5909	23,6475	22,6572	21,5880	20,3857	18,9392	16,9279	15,3079	13,5647	12,4613	11,4973	10,3907
29	27,4025	26,4751	25,5391	24,5770	23,5666	22,4751	21,2468	19,7677	17,7084	16,0471	14,2564	13,1211	12,1278	10,9861

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2 . (Continuación)

v/p	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999
30	28,3858	27,4416	26,4881	25,5078	24,4776	23,3641	22,1103	20,5992	18,4927	16,7908	14,9535	13,7867	12,7646	11,5876
31	29,3694	28,4087	27,4381	26,4397	25,3901	24,2551	22,9762	21,4336	19,2806	17,5387	15,6555	14,4577	13,4073	12,1961
32	30,3533	29,3763	28,3889	27,3728	26,3041	25,1478	23,8442	22,2706	20,0719	18,2908	16,3622	15,1340	14,0555	12,8104
33	31,3375	30,3444	29,3405	28,3069	27,2194	26,0422	24,7143	23,1102	20,8665	19,0467	17,0735	15,8152	14,7092	13,4312
34	32,3219	31,3130	30,2928	29,2421	28,1361	26,9383	25,5864	23,9522	21,6643	19,8062	17,7891	16,5013	15,3679	14,0568
35	33,3065	32,2821	31,2458	30,1782	29,0540	27,8359	26,4604	24,7966	22,4650	20,5694	18,5089	17,1917	16,0315	14,6881
36	34,2913	33,2517	32,1995	31,1152	29,9730	28,7350	27,3363	25,6433	23,2686	21,3359	19,2326	17,8868	16,7000	15,3243
37	35,2764	34,2216	33,1539	32,0532	30,8933	29,6355	28,2138	26,4921	24,0749	22,1056	19,9603	18,5859	17,3730	15,9652
38	36,2617	35,1920	34,1089	32,9919	31,8146	30,5373	29,0931	27,3430	24,8839	22,8785	20,6914	19,2888	18,0501	16,6109
39	37,2472	36,1628	35,0645	33,9315	32,7369	31,4405	29,9739	28,1958	25,6954	23,6543	21,4261	19,9958	18,7318	17,2612
40	38,2328	37,1340	36,0207	34,8719	33,6603	32,3449	30,8563	29,0505	26,5093	24,4331	22,1642	20,7066	19,4171	17,9166
45	43,1638	41,9950	40,8095	39,5847	38,2910	36,8844	35,2895	33,3504	30,6123	28,3662	25,9012	24,3110	22,8994	21,2509
50	48,0986	46,8638	45,6100	44,3133	42,9421	41,4492	39,7539	37,6886	34,7642	32,3574	29,7067	27,9908	26,4636	24,6736
55	53,0367	51,7391	50,4204	49,0554	47,6105	46,0356	44,2448	42,0596	38,9581	36,3981	33,5705	31,7349	30,0974	28,1731
60	57,9775	56,6200	55,2394	53,8091	52,2938	50,6406	48,7587	46,4589	43,1880	40,4817	37,4848	35,5344	33,7909	31,7381
70	67,8664	66,3961	64,8990	63,3460	61,6983	59,8978	57,8443	55,3289	51,7393	48,7575	45,4417	43,2753	41,3323	39,0358
80	77,7631	76,1879	74,5825	72,9153	71,1445	69,2070	66,9938	64,2778	60,3915	57,1532	53,5400	51,1719	49,0430	46,5197
90	87,6661	85,9925	84,2854	82,5111	80,6247	78,5584	76,1954	73,2911	69,1260	65,6466	61,7540	59,1963	56,8918	54,1559
100	97,5744	95,8078	94,0046	92,1290	90,1332	87,9453	85,4406	82,3581	77,9294	74,2219	70,0650	67,3275	64,8571	61,9182
120	117,4041	115,4646	113,4825	111,4186	109,2197	106,8056	104,0374	100,6236	95,7046	91,5726	86,9233	83,8517	81,0726	77,7555
140	137,2476	135,1491	133,0028	130,7657	128,3800	125,7580	122,7476	119,0293	113,6594	109,1368	104,0343	100,6547	97,5908	93,9253
160	157,1019	154,8555	152,5564	150,1583	147,5988	144,7834	141,5475	137,5457	131,7560	126,8700	121,3457	117,6791	114,3496	110,3592
180	176,9652	174,5799	172,1373	169,5879	166,8653	163,8682	160,4206	156,1526	149,9687	144,7413	138,8205	134,8843	131,3050	127,0114
200	196,8359	194,3193	191,7409	189,0486	186,1717	183,0028	179,3550	174,8353	168,2785	162,7280	156,4321	152,2408	148,4262	143,8420
250	246,5387	243,7202	240,8297	237,8085	234,5768	231,0128	226,9048	221,8059	214,3915	208,0978	200,9387	196,1604	191,8020	186,5537
300	296,2700	293,1786	290,0062	286,6878	283,1353	279,2143	274,6901	269,0679	260,8781	253,9122	245,9727	240,6631	235,8126	229,9620
500	495,3734	491,3709	487,2569	482,9462	478,3231	473,2099	467,2962	459,9261	449,1467	439,9360	429,3874	422,3034	415,8081	407,9458
600	594,9938	590,6057	586,0930	581,3623	576,2859	570,6681	564,1661	556,0560	544,1801	534,0185	522,3654	514,5285	507,3385	498,6219