

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



PROPUESTA DE DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE GALLETAS DE AVENA PARA UNA INDUSTRIA
GUATEMALTECA.

Trabajo de graduación presentado por Camila González
Seijas para optar al grado académico de Licenciada en
Ingeniería Química

Guatemala,

2023

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería




PROPUESTA DE DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE GALLETAS DE AVENA PARA UNA INDUSTRIA
GUATEMALTECA.

Trabajo de graduación presentado por Camila González
Seijas para optar al grado académico de Licenciada en
Ingeniería Química

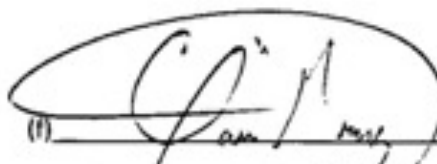
Guatemala,


2023


Vo. Bo.

(f) 
Ing. Laura Melissa Mendez

Terna examinadora

(f) 
Ing. Laura Melissa Mendez

(f) 
Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

(f) 
Ing. Carmen Alicia Ortiz Pinoda

Fecha de aprobación: Guatemala, 3 de enero de 2023

PREFACIO

El siguiente trabajo surge con el fin de cubrir una necesidad en el mercado, para aquellas personas que buscan un snack más saludable para consumir en su día a día. La industria para la que se lleva a cabo esta investigación se caracteriza por ofrecer a sus consumidores productos de calidad, honestos con respecto a sus declaraciones, con el fin de transformar vidas. Se le agradece a la industria, que por temas de confidencialidad permanecerá anónima, por la oportunidad de trabajar este proyecto en conjunto con mi persona. Me siento honrada, al poder participar con esta empresa, con cuyos valores me identifico.

Como segundo agradecimiento, quiero reconocer todo el esfuerzo de mis padres Mónica Seijas y Juan Carlos González, que se han asegurado de apoyarme en todas mis actividades con mucho amor y esfuerzo para que logre siempre mis metas; espero que esto los enorgullezca. De igual manera, a mis hermanos Maria Paula y Julián, que de alguna manera logran que me encuentre más motivada a alcanzar mis metas con todo su apoyo, por desvelarse conmigo todos estos años de universidad y por siempre darme una ayudita cuando lo necesito. A mi familia le dedico este título, como a mi abuelo Mario Seijas, que en paz descansa, pero que espero que se encuentre orgulloso de todo mi desarrollo académico como profesional. Siempre fuiste una gran fuente de inspiración para mí. Agradezco también a mi abuelita Mima por siempre darme su cariño y apoyo cuando más lo necesito.

CONTENIDO

PREFACIO	v
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE CUADROS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. GENERAL	2
B. ESPECÍFICOS	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO	4
A. GALLETAS DE AVENA	4
B. COMPONENTES BÁSICOS DE LAS GALLETAS DE AVENA	5
1. <i>Avena</i>	5
2. <i>Harina</i>	5
3. <i>Grasas</i>	6
4. <i>Azúcar</i>	7
C. ADITIVOS	7
1. <i>Emulsificantes</i>	7
2. <i>Agentes leudantes</i>	7
3. <i>Sal</i>	7
D. PROCESO PRODUCTIVO DE GALLETAS.....	8
1. <i>Almacenamiento y pesado de materias primas</i>	9
2. <i>Mezclado</i>	11
3. <i>Alimentación de la masa</i>	11
4. <i>Proceso de moldeado</i>	13
5. <i>Proceso horneado</i>	14
6. <i>Bandas transportadoras</i>	17
7. <i>Enfriamiento</i>	18
8. <i>Manejo de galletas</i>	18
9. <i>Relleno de galletas</i>	19
10. <i>Empaque</i>	21
11. <i>Embalaje</i>	25
12. <i>Ventilación</i>	25
13. <i>Control de calidad</i>	26
E. REQUERIMIENTOS DE PROCESO DE LAS GALLETAS DE AVENA.....	26
F. BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA SEGÚN RTCA	26
G. BALANCES DE MASA Y ENERGÍA	27
1. <i>Balance de masa</i>	27
2. <i>Balance de energía</i>	27
H. PANEL SENSORIAL DE ACEPTACIÓN	28

I.	PANEL SENSORIAL DE PREFERENCIA	29
V.	ANTECEDENTES	30
A.	MERCADO DE SNACKS SALUDABLES.....	30
B.	MERCADO DE GALLETAS Y GALLETAS SALUDABLES	30
C.	POBLACIÓN OBJETIVO	30
D.	PROCESO DE PRODUCCIÓN ACTUAL	31
1.	<i>Despacho, almacenamiento e inspección de materias primas</i>	31
2.	<i>Prepesado de materias primas</i>	31
3.	<i>Formulación y mezclado de los ingredientes</i>	31
4.	<i>Transporte de la masa a la moldeadora</i>	31
5.	<i>Moldeado de las galletas</i>	32
6.	<i>Horneado de galletas</i>	32
7.	<i>Enfriamiento</i>	32
8.	<i>Empaque primario y secundario</i>	32
9.	<i>Embalaje y transporte</i>	32
E.	CONTROL DE CALIDAD ACTUAL.....	32
VI.	METODOLOGÍA	33
A.	CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS GALLETAS: PESO, HUMEDAD, DIÁMETRO Y GROSOR.	33
B.	PANEL SENSORIAL DE ACEPTACIÓN Y PREFERENCIA DE LAS GALLETAS.	34
C.	DEFINICIÓN DE LAS OPERACIONES UNITARIAS DE LA FABRICACIÓN DE LAS GALLETAS PARA LA SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS Y REALIZACIÓN DE BALANCES DE MASA Y ENERGÍA. 35	
D.	ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO	35
VII.	RESULTADOS.....	37
A.	CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDAS FÍSICAS DE LAS GALLETAS	37
B.	PANEL SENSORIAL DE ACEPTACIÓN Y PREFERENCIA.	42
C.	BALANCES DE MASA Y ENERGÍA	44
D.	DIAGRAMA DE OPERACIONES	48
E.	DIAGRAMA DE FLUJO	49
F.	PLANOS	50
G.	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO	51
VIII.	DISCUSIÓN.....	52
IX.	CONCLUSIONES.....	57
X.	RECOMENDACIONES.....	58
XI.	BIBLIOGRAFÍA.....	59
XII.	ANEXOS	62
A.	DATOS ORIGINALES	62
1.	<i>Caracterización de las galletas</i>	62
2.	<i>Panel sensorial de aceptación y ranking</i>	65
3.	<i>Balances de masa y energía</i>	84
4.	<i>Análisis técnico económico</i>	87

B.	DATOS CALCULADOS.....	89
1.	<i>Caracterización de las galletas</i>	89
2.	<i>Panel sensorial de aceptación</i>	90
3.	<i>Balances de masa y energía</i>	91
4.	<i>Análisis técnico económico</i>	93
C.	CÁLCULOS DE MUESTRA.....	95
D.	ENCUESTA PANEL SENSORIAL.....	105
E.	TABLAS ADICIONALES	110
F.	IMÁGENES	114
XIII.	GLOSARIO	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de producción de galletas.	8
Figura 2. Diagrama de flujo teórico para el proceso de producción de galletas.	9
Figura 3. Tolva de carga con sistema de pesaje	10
Figura 4. Sistema de alimentación por elevador de bateas.	12
Figura 5. Sistema de guillotina para alimentación de masa	12
Figura 6. Alimentación por banda transportadora.....	13
Figura 7. Sistema de deposición por corte de alambre.....	14
Figura 8. Funcionamiento de horno de gas directo	16
Figura 9. Funcionamiento de horno indirecto de radiación	17
Figura 10. Manejo automático de galletas	18
Figura 11. Manejo manual de galletas	19
Figura 12. Carril para relleno de galletas	20
Figura 13. Relleno de galletas tipo sándwich.....	20
Figura 14. Sistema de dosificación de crema.....	21
Figura 15. Tolva multicabeza.....	22
Figura 16. Selladora vertical	23
Figura 17. Empaque vertical de galletas.	23
Figura 18. Apilado de galletas	24
Figura 19. Funcionamiento de máquina empacadora tipo “flow pack”.....	24
Figura 20. Empaque con maquina tipo “flow pack”	25
Figura 21. Escala hedónica para panel sensorial de aceptación.....	29
Figura 22. Diagrama de caja y bigotes de la masa las galletas posterior al proceso de horneado.	37
Figura 23. Diagrama de caja y bigotes del diámetro de la galleta posterior al proceso de horneado.	38
Figura 24. Diagrama de caja y bigotes del grosor de la galleta posterior al proceso de horneado.	39
Figura 25. Diagrama de caja y bigotes de la humedad de la galleta posterior al proceso de horneado.	40
Figura 26. Balance de masa y energía para las galletas de chocolate.	44
Figura 27. Balance de masa y energía para las galletas de pasas.....	45
Figura 28. Balance de masa y energía para las galletas de maní.	46
Figura 29. Balance de masa y energía para las galletas de manzana.	47
Figura 30. Diagrama de operaciones para las galletas de avena	48
Figura 31. Diagrama de flujo de la línea de producción de galletas.	49
Figura 32. Distribución de planta.....	50

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición de diferentes tipos de harina.....	6
Cuadro 2. Desviación estándar de las propiedades físicas analizadas.	41
Cuadro 3. Comparación de las medias de la galleta horneada contra los parámetros mínimos y máximos de aceptación obtenidos según RTCA.....	41
Cuadro 4. Parámetros de aceptación de la inspección de la masa de la galleta húmeda.....	41
Cuadro 5. Evaluación de hipótesis planteadas para la diferencia de aceptación entre galletas y los atributos específicos: apariencia, textura y sabor.	42
Cuadro 6. Test de Friedman para determinación de la diferencia entre la preferencia de las cuatro galletas por parte de los consumidores.....	42
Cuadro 7. Test de Kramer para determinación de diferencia entre la preferencia entre las combinaciones posibles de galletas por parte de los consumidores.....	43
Cuadro 8. Costo de manufactura por unidad y ahorro asociado a su reducción.	51
Cuadro 9. Indicadores de rentabilidad de la propuesta de diseño.	51

RESUMEN

El siguiente trabajo de graduación presenta la propuesta de una línea de producción de galletas de cuatro sabores para una empresa guatemalteca que busca dejar de tercerizar la producción de sus galletas. Para poder llevar a cabo la propuesta, primero se caracterizaron las galletas por medio del análisis de las siguientes propiedades físicas: masa, humedad, diámetro y grosor. Estas propiedades se seleccionaron a partir de lo que se analiza hoy en día en la industria y por reclamos pasados con respecto a las dimensiones. Se realizó estadística descriptiva para cada uno de los parámetros analizados y se lograron identificar diferencias entre los parámetros, principalmente de humedad entre las galletas. También se verificó que el proceso de horneado no influye en la geometría de la galleta. Analizando la masa de la galleta también se logró presentar una propuesta de parámetros de aceptación de la galleta húmeda, para cumplir con la normativa RTCA.

Por otro lado, se analizó la aceptación y preferencia de las cuatro galletas por medio de un panel sensorial. Se encuestaron 120 personas, según la muestra representativa calculada. El panel se llevó a cabo en el área de panel sensorial de Departamento de Ingeniería en Ciencias de los Alimentos, en la mañana del 11 de agosto en la Universidad del Valle de Guatemala, de 8 am. a 13 pm. Con dichos datos se determinó que los consumidores perciben una diferencia significativa entre los parámetros sabor y textura, mientras que para la apariencia, la diferencia entre las cuatro galletas, no es perceptible y por tanto, no es significativa. Otro hallazgo del panel sensorial corrido, fue que la galleta preferida fue la galleta de chocolate, al presentar diferencia significativa entre los rangos de las otras galletas.

Por último, se realizó un análisis técnico económico de la línea de producción para determinar la rentabilidad del proyecto con el indicador PRI (periodo de retorno de la inversión), la utilidad de socios y el retorno de capital invertido. Estos datos tuvieron un valor de 6.25 años, Q33,947.52 anuales y un 15.99%, respectivamente. Dicha rentabilidad se debe a la reducción del costo de manufactura de una unidad de galletas principalmente por el ahorro del transporte al centro de distribución propio y a la reducción de personal, al automatizar la línea.

I. Introducción

Con la tendencia del cuidado de la salud, donde interviene la alimentación sana, ha aumentado significativamente la demanda de snacks nutritivos. De tal manera las empresas presentes en la industria de alimentos han optado a dirigir sus esfuerzos al desarrollo de productos altos en fibra, proteína y reducidos en azúcar, sodio y preservantes. Este aumento en consumidores se ha dado principalmente en América Latina, donde el consumidor busca una forma de alimentarse sin necesidad de invertir tanto dinero y tiempo (Chacón-Orduz, et al., 2017).

En Guatemala, el nicho de las personas que buscan alimentarse de forma sana, pero de forma económica y rápida sigue estando desatendido, pues la venta masiva de estos productos se encuentra limitada. Las principales vías de obtención de estos productos son de forma artesanal, aumentando de tal manera su costo y su disponibilidad en góndola. Los principales canales de venta son las redes sociales, donde se deben tomar en cuenta costos elevados de envío, encareciendo más el producto (Chacón-Orduz, et al., 2017).

Observando la necesidad de este grupo en el mercado, el siguiente trabajo propone el diseño del proceso productivo de galletas de avena para una empresa guatemalteca, por medio de la formulación de la galleta a nivel laboratorio, con el fin de desplegar una recomendación de los equipos para una línea de producción propia por medio de balanzas de masa y energía. De tal manera, se realizará un análisis técnico-económico para evaluar la factibilidad del proyecto.

II. Objetivos

A. GENERAL

Proponer el diseño de una línea de galletas a base de avena de cuatro sabores para una empresa guatemalteca cumpliendo con la normativa RTCA.

B. ESPECÍFICOS

1. Caracterizar las propiedades físicas: humedad, peso, diámetro y grosor; además del panel sensorial para las galletas de avena con el fin de establecer los estándares de calidad típicos de la industria a nivel laboratorio.
2. Definir las operaciones de la fabricación de galletas de avena por medio de un diagrama de proceso para seleccionar los equipos involucrados en la línea de producción y llevar a cabo los respectivos balances de masa y energía.
3. Realizar un análisis técnico-económico de la propuesta planteada para la línea de producción de galletas de avena a partir de la proyección de ventas utilizando como indicador el tiempo de retorno de la inversión, la utilidad de socios y el retorno del capital invertido.

III. Justificación

La empresa guatemalteca interesada, produce actualmente las galletas de avena por medio de manufactura tercerizada. Sin embargo, el delegar la producción a un tercero ha tenido repercusiones directamente sobre la imagen de la marca y el cumplimiento de la demanda. Debido a la falta de gestión y compromiso por parte del maquilador, se ha tenido que incurrir en costos de horas extra para los analistas de calidad pertenecientes a la empresa. De igual manera se han presentado varios incidentes de calidad por las condiciones inocuas para producir la galleta. Otro de los inconvenientes presentes para la empresa con esta modalidad de trabajo, es el incremento en el costo del producto terminado, debido a la merma por galleta quebrada presente en el proceso del maquilador.

De tal manera, se busca presentar mediante este trabajo, el diseño de una línea de producción de galletas de avena utilizando resultados obtenidos a escala laboratorio. Esta propuesta de diseño presentará también un análisis técnico-económico, para evaluar la factibilidad dentro de la empresa interesada, con el fin de proporcionar a la compañía, total control sobre la manufactura del producto. Esto no solo garantizará la mejora en los estándares de calidad de las galletas de avena de la empresa, sino también se logrará optimizar el proceso tomando en cuenta las problemáticas actuales, al momento de diseñar la secuencia lógica del proceso.

IV. Marco teórico

A. Galletas de avena

Las galletas de avena son un snack que ha tomado popularidad debido a todos los beneficios de la avena, además de su facilidad para ingerirlas. Para ser consumidas por el cliente, no requieren preparación, tienen una larga vida útil, son nutritivas y presentan un proceso casi estándar alrededor del mundo. Este snack de avena se origina en conjunto con el azúcar hace varios siglos, procedente del Imperio Persa (Curiosfera, 2021).

En la India, esta civilización descubre el proceso de evaporación del jugo de la caña de azúcar, técnica también practicada por la civilización china. En el siglo IV a. C., Alejandro Magno comparte el conocimiento sobre la producción de azúcar para dar origen a la fabricación de diferentes pasteles y galletas dulces a base de harinas de cereal por parte de los árabes en la Península Ibérica (siglo VIII) (Curiosfera, 2021).

En los siglos XVII y XVIII, el azúcar se consideraba un bien escaso, al proceder la mayoría de las plantaciones americanas. De tal manera, la fabricación y acceso de bizcochos y otros postres se veía limitado hacia las familias y personas adineradas. Esto perdura hasta el siglo XIX, cuando se empieza a cosechar azúcar a partir de la remolacha en Francia (Curiosfera, 2021).

Es en el año 1792 donde se busca un alimento perecedero para que los marineros pudieran alimentarse durante sus largas trayectorias. Años más tarde se empieza la costumbre de obsequiar galletas en la época de navidad, por lo que se crean en Alemania las galletas de navidad de diferentes sabores (Curiosfera, 2021).

Es en el siglo XIX en el que las galletas ganan mucha más popularidad y empiezan a ser vendidas de forma industrial, debido a la necesidad de las empresas navieras de alimentos perecederos. Es en Escocia donde se formulan por primera vez las galletas con harina de avena y llegan a Australia por medio de los marineros. Estas galletas toman importancia en Nueva Zelanda y Australia, al volverse las galletas destinadas para el ejército (Curiosfera, 2021).

En el siglo XX empiezan a fundarse las primeras empresas productoras de galletas como United Biscuits o Nestlé, en los Estados Unidos o Birba en España, hasta llegar el día de hoy a la producción masiva de diferentes snacks o galletas de diferentes tipos. La producción de las galletas, surge primeramente como una necesidad de alimento perecedero, para evolucionar a un alimento para ingerir entre comidas, para compartir en ocasiones especiales o incluso para consumir como desayuno (Curiosfera, 2021).

B. Componentes básicos de las galletas de avena

1. Avena

La avena es un cereal de grano proveniente de la familia de plantas poáceas o gramíneas. A este grano se le atribuyen varios beneficios nutricionales como su alto contenido de fibra dietética soluble como el betaglucano. Además, presenta un aporte significativo de vitamina, minerales, lípidos y proteínas y polifenoles. Este grano a diferencia del trigo no presenta gluten en su estructura, siendo una opción saludable para las personas intolerantes al mismo (School of Public Health, 2021).

El consumo de avena puede brindar beneficios cardiovasculares, por sus propiedades reductoras de colesterol. De tal manera, al ingerir avena regularmente, se puede tener un impacto sobre diferentes factores causantes de la enfermedad coronaria. Entre estos factores se encuentran el colesterol en sangre, la diabetes, hipertensión y obesidad. A continuación, se detalla el impacto de la avena sobre estas enfermedades (Aparicio, et al, 2016).

Con respecto a la obesidad, diferentes estudios clínicos y epidemiológicos afirman que las personas que consumen menos de 6 gramos de fibra dietética por cada 1000 kcal, pesan 8 libras más que las personas que consumen más de 11 gramos de fibra por 1000 kcal. El consumo de 5 a 30 gramos de fibra tiene un impacto directo en la reducción de la ingesta de alimentos y hambre, causando así pérdida de peso que influyen en la prevención de la obesidad (Katz, 2001).

La Asociación Americana de la Diabetes recomienda ingerir de 20 a 35 gramos diarios de carbohidratos complejos para optimizar el uso de la glucosa y la sensibilidad a la insulina. Esto se debe principalmente al betaglucano, principal compuesto de la fibra soluble presente en la avena. Los alimentos con 8 a 10% de este compuesto reducen en un 50% las respuestas glucémicas después de la ingesta de alimentos (Katz, 2001).

Según diferentes estudios epidemiológicos, las fuentes de fibra presentes en la avena pueden reducir de forma significativa la presión en la sangre y prevenir diferentes enfermedades como la hipertensión. Al comparar individuos que consumen 6 a 10g de fibra con aquellos que consumen de 2 a 4g diarios, se puede identificar la diferencia entre las presiones sanguíneas sistólicas y diastólicas de forma que el porcentaje de riesgo para las primeras se reduce en un 57% (Katz, 2001).

2. Harina

Uno de los principales ingredientes de las galletas, debido a su importancia en el cuerpo y textura de la galleta, es la harina de trigo. La obtención de esta harina se lleva a cabo por medio de la molienda del grano de trigo con rendimientos del 70 al 75%. La harina de trigo se compone por carbohidratos, proteínas y grasas con una menor cantidad de fibra, vitaminas y minerales (Manley, 2001).

Las principales proteínas en la harina de trigo son la gliadina y la glutenina. El contenido de estas tiene influencia directa en la dureza de la harina. Masas de galleta hechas con harina alta en proteína, tienden a ser más extensibles y presentan mayor facilidad de manejo en maquinaria. Usualmente un tipo de galletas que utiliza harina de trigo dura, son las llamadas “crackers” ya que deben pasar por un proceso de estiramiento a partir de un enhebrado. Por otro lado, las masas de galletas hechas con harinas suaves o con menor contenido de proteína, presentan ser más fáciles de moldear y dan como resultado una galleta más porosa (Manley, 2001).

En presencia de agua, las proteínas en la harina de trigo, se unen y forman gluten en el proceso de mezclado. Los enlaces del gluten formados se caracterizan por ser fuertes y flexibles, por lo que a mayor contenido de proteína, la masa tiende a tener más resistencia y se logra estirar más en maquinaria. Estos enlaces del gluten también tienen importancia en atrapar burbujas de aire o gas formadas por levadura u otros agentes leudantes. Las galletas preparadas con harina suave, por lo que la red formada por los enlaces del gluten, son mucho menores. Además, la masa suele contener más grasa, por lo que esta inhibe la hidratación de las proteínas y por tanto la formación del gluten (Manley, 2001).

Cuadro 1. Composición de diferentes tipos de harina

Componente	Harina suave	Harina dura
Almidón	74.5	71.5
Humedad	14.0	13.5
Proteínas formadoras de gluten	7.0	10.0
Proteínas solubles	1.0	1.0
Azúcares	2.0	2.5
Grasa	1.0	1.0

Fuente: Davidson, 2019

3. Grasas

La grasa añadida en la preparación de galletas es de suma importancia para alcanzar la textura deseada de la galleta, que es una característica organoléptica importante para el consumidor. Al añadir más grasa dentro de la formulación, se puede impedir levemente la acción leudante de los aditivos, aportando así una textura más suave. Las grasas también cumplen la función de inhibir la formación del gluten por ser hidrofóbicas y evitar el contacto entre la harina y el agua (Davidson, 2019).

Las grasas vegetales suelen obtenerse por medio de un proceso de refinado, blanqueado y desodorización de una mezcla de aceites vegetales o incluso aceites derivados de una fuente animal. Estas se presentan de forma sólida a temperatura ambiente. En la formulación, es importante la cantidad de grasas sólidas presentes, debido a características organolépticas. A menor punto de fusión, se puede obtener una textura más satisfactoria de la galleta, por lo que es importante identificar el índice de grasas sólidas. La grasa vegetal, tiene un índice de grasas sólidas de 21% a 25°C y de 17% a 30°C (Manley, 2001).

La cantidad de grasa a añadir dentro de la fórmula depende del proceso de moldeado que se vaya a utilizar. Para las galletas de avena, la formación de las galletas se lleva a cabo por medio de una cortadora de alambre. En este caso, las galletas deben contener un mayor contenido de grasa, por facilidad de proceso. Este porcentaje se encuentra en un rango del 25 al 60% (Manley, 2001).

4. Azúcar

El azúcar es un carbohidrato proveniente de la caña de azúcar. Esta se conoce también como la sacarosa, que es un disacárido compuesto por la glucosa y fructosa. En la industria de galletas, se utiliza normalmente de forma granulada, esta puede atribuir a la textura crujiente de las galletas, después del proceso de horneado. Sin embargo, existen otras formas alternas en las que el azúcar se presenta, para atribuir al sabor (dulzura), textura o incluso al color deseado de las galletas (Manley, 2001).

Se conoce como azúcar invertido a una mezcla de glucosa y fructosa, proveniente de la sacarosa. El proceso consiste en la separación de los monosacáridos de la sacarosa por medio de un proceso de hidrólisis, por medio del calentamiento de la solución con ácido cítrico o tartárico. Después de llevar a cabo la inversión, se debe neutralizar nuevamente la solución agregando soda. Este azúcar es más dulce que el azúcar y atribuye a la textura y al color dorado de la galleta, pues los azúcares reductores atribuyen a la reacción de Maillard en el proceso de horneado (Manley, 2001).

C. Aditivos

1. Emulsificantes

Los emulsificantes se agregan como aditivos en las galletas y estos cumplen con la función de integrar el agua en las grasas presentes en la fórmula. Estos se pueden presentar de forma líquida o sólida. Es recomendable que estos se agreguen directamente a la grasa, para un mejor desempeño de su función (Manley, 2001).

2. Agentes leudantes

Los agentes leudantes se utilizan para alcanzar mayor suavidad en la masa. Cuando este aditivo se pone en contacto con un ingrediente ácido, libera dióxido de carbono por lo que se genera más aire dentro de la masa, dándole más suavidad y textura a la galleta (Davidson, 2019).

3. Sal

La sal o cloruro de sodio se utiliza como potenciador de sabor de los saborizantes naturales o artificiales que se apliquen según el sabor de la galleta (Davidson, 2019).

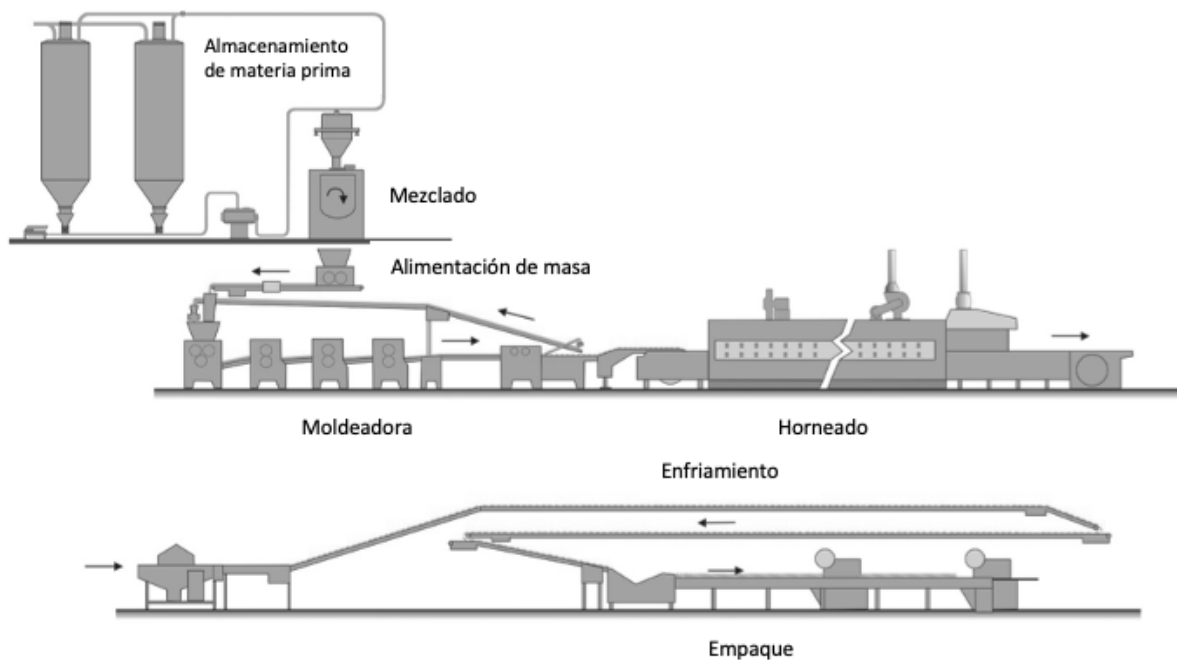
D. Proceso productivo de galletas

El proceso productivo de las galletas se compone de los siguientes pasos:

- Almacenamiento y manejo de las materias primas.
- Pesado.
- Mezcla de la masa.
- Sistema de alimentación de masa.
- Moldeado de la galleta.
- Horneado.
- Enfriado.
- Empaque.

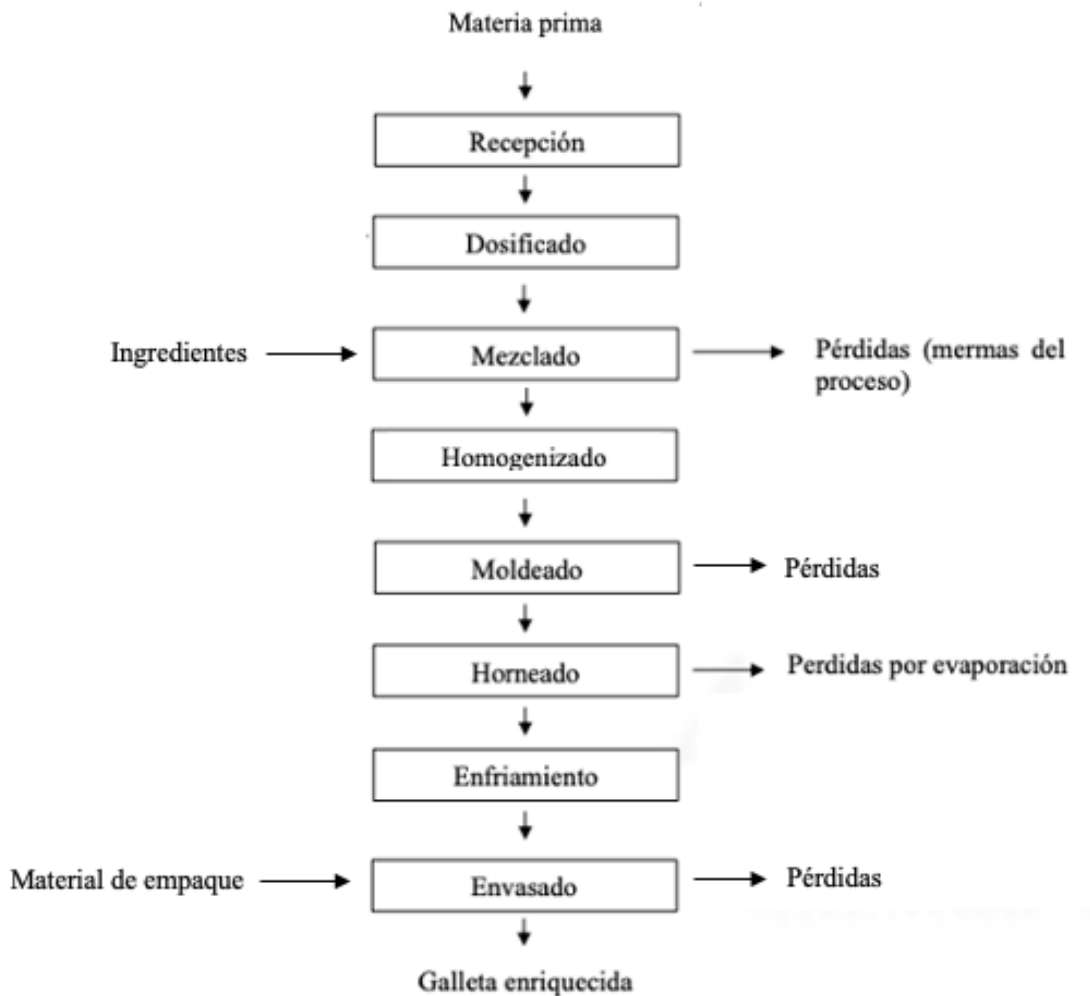
Los pasos anteriores presentan de forma muy general el proceso de producción de una galleta. Dependiendo del tipo de galleta que se trabaje se incorporan diferentes pasos adicionales como el laminado de la masa en el caso de las llamadas “crackers”. De igual manera, el tipo de equipo que se utiliza para cada operación varía por el tipo de galleta y las características que se le quiera atribuir a la misma. La siguiente figura representa el proceso de producción de galletas (Davidson, 2019).

Figura 1. Proceso de producción de galletas.



Fuente: Davidson, 2019

Figura 2. Diagrama de flujo teórico para el proceso de producción de galletas.



Fuente: L. Velásquez et al. (2014)

1. Almacenamiento y pesado de materias primas

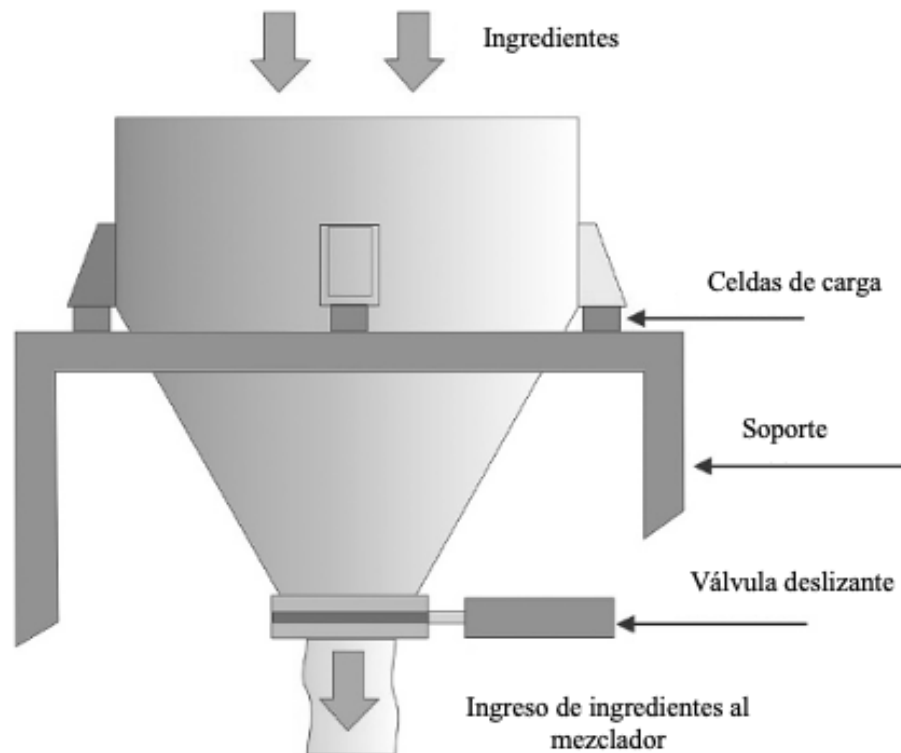
El almacenamiento de materias primas depende principalmente de las propiedades de estas y su cantidad requerida dentro de la formulación. Por ejemplo, los materiales mayoritarios granulados como la harina o el azúcar se almacenan con frecuencia en silos, los cuales reciben la materia prima por medio de camiones. El material de los silos debe ser de preferencia acero inoxidable. El diseño de los silos dependerá principalmente del número de ingredientes y de su tasa de utilización (Almond, 1989).

Al trabajar con estos silos, se debe considerar la forma de alimentación o transporte de ingredientes a la planta de producción, por lo cual se pueden utilizar sistemas neumáticos de transporte de sólidos. En conjunto con estos sistemas, deben utilizarse equipos que fomenten el movimiento del sólido como tolvas vibratorias u otros auxiliares de flujo (Almond, 1989).

Con respecto a materiales como la grasa de la galleta, como lo puede ser la manteca, se reciben en forma de cubos que deben almacenarse a una temperatura menor a los 27 oC. Los materiales líquidos, por otro lado, pueden almacenarse en tanques de acero inoxidable. Dependiendo del material, se debe mantener en sus condiciones óptimas para que sea lo suficientemente líquido para transportar por medio de tuberías a la mezcladora (Almond, 1989).

Es ideal que los materiales mayoritarios de la galleta se almacenen en silos o tanques (depende de su estado) y que se puedan transportar de forma directa a las mezcladoras. Previo al ingreso de los materiales a la mezcladora, estos deben ser pesados. De tal manera sobre las mezcladoras se puede hacer uso de tolvas de carga con sistema de pesaje. Estos sistemas permiten registrar el peso del contenido de la tolva con la ayuda de células de carga como se presenta en la siguiente figura (Davidson, 2019).

Figura 3. Tolva de carga con sistema de pesaje



Fuente: Davidson, 2019

Los materiales minoritarios como colorantes, saborizantes o aditivos representan solamente una pequeña cantidad en masa de la fórmula de una galleta. Estos pueden presentarse de forma sólida o líquida. Sin embargo, no es recomendable almacenar estas materias primas en silos o tanques por no ser económicamente rentable para la cantidad que se está utilizando. Con respecto al pesaje, estos materiales suelen pesarse en balanzas con

mayor precisión en recipientes aparte, para luego alimentarlos a la tolva directamente (Almond, 1989).

2. Mezclado

Durante la operación de mezclado, ocurren varios procesos como la dispersión de los ingredientes y la mezcla de una masa homogénea, la hidratación de la harina, la emulsificación del agua en las grasas presentes, el desarrollo del gluten debido a la presencia de proteínas en la harina y la activación de los agentes leudantes, que son los encargados de aumentar el volumen de las galletas (Davidson, 2019).

El proceso de mezclado dependerá del tipo de masa y/o galleta que se quiera obtener. Para las galletas “crackers”, la masa requiere alta elasticidad, por lo que debe mezclarse de forma vigorosa por medio de el corte y cizallamiento de la masa. Esto, con el fin de fomentar la formación de gluten, ya que se obtiene una masa apta para la maquinaria de moldeado (Davidson, 2019).

Por otro lado, para galletas dulces, como las de avena, el mezclado se lleva a cabo en dos fases, para evitar la formación de gluten, ya que la masa normalmente cremosa y no requiere alta flexibilidad. La primera etapa consiste en la obtención de una crema, generada por la mezcla de la grasa, el azúcar y los ingredientes minoritarios como los aditivos funcionales y los saborizantes. La segunda etapa consiste en la adición de la harina. Se procura que este segundo mezclado sea muy breve para no formar la red de enlaces de gluten. Es recomendable, que después del mezclado se deje descansar la masa 30 minutos para hidratar cualquier residuo de harina no mezclado (Davidson, 2019).

Existen diferentes tipos de mezcladoras donde se pueden identificar cinco predominantes:

- a. Mezcladoras de eje vertical
- b. Mezcladoras de eje horizontal de alta velocidad
- c. Mezcladoras de eje horizontal
- d. Mezcladoras continuas
- e. Mezcladoras planetarias

3. Alimentación de la masa

Debido a las propiedades de la masa, se debe trabajar un sistema adecuado de alimentación de masa a los moldes para evitar la mayor cantidad de merma por adherencia a los equipos, como el contacto del operador con la masa, por temas de inocuidad. Existen diferentes sistemas de alimentación de masa, donde predominan las mezcladoras con una puerta inclinable para alimentar a un piso inferior. Por otro lado, existen mezcladoras, cuyo recipiente se transfiere a un elevador de batea para dosificar en un mismo nivel (Davidson, 2019).

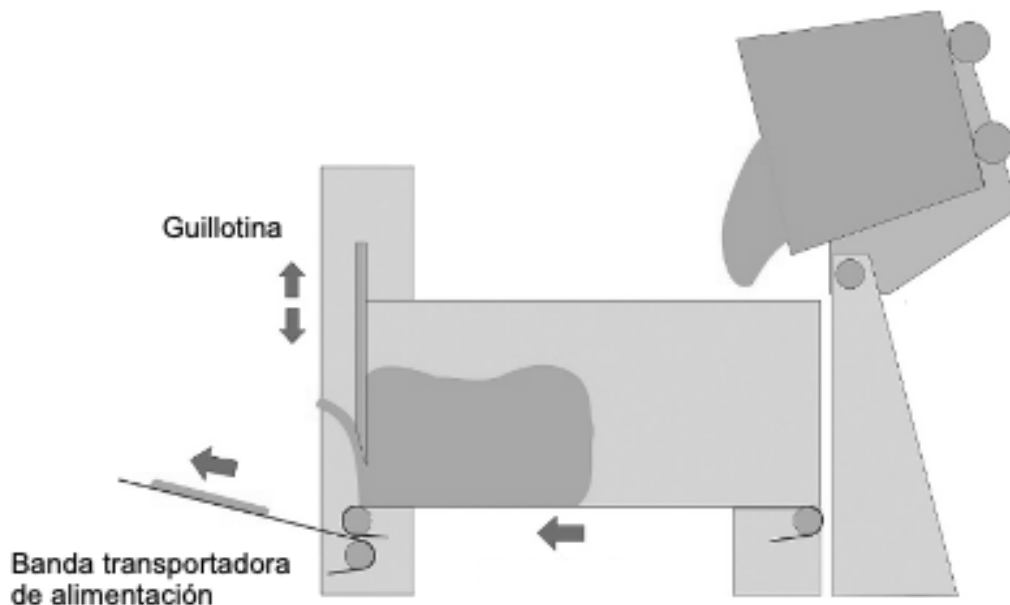
Figura 4. Sistema de alimentación por elevador de bateas.



Fuente: Dingson Food Machinery, 2016

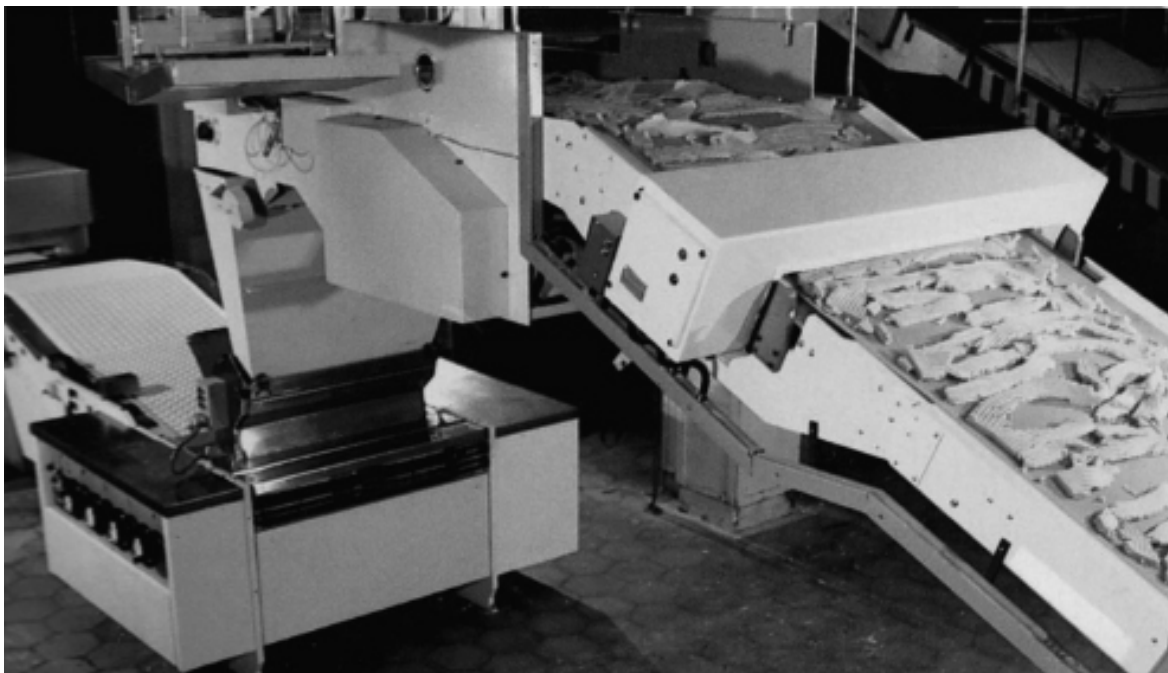
Otra forma ampliamente utilizada para alimentar la masa a la moldeadora es por medio de la inclinación de la puerta del mezclador, directamente a una banda transportadora. Esta banda dirige la masa completa a una guillotina, que corta la masa en pedazos más pequeños, para evitar el estancamiento de la masa en la tolva de alimentación. Este sistema se utiliza principalmente para las galletas que se forman mediante extrusión.

Figura 5. Sistema de guillotina para alimentación de masa



Fuente: Davidson, 2019

Figura 6. Alimentación por banda transportadora



Fuente: Arrow Desing Services, 2017

4. Proceso de moldeado

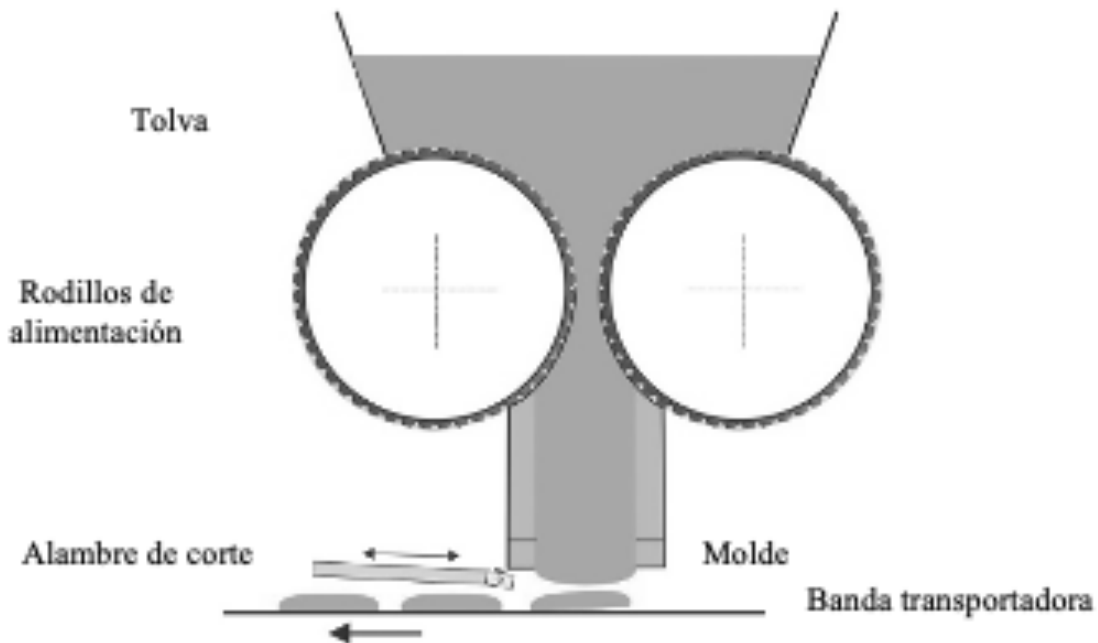
Al igual que el proceso de mezclado, el moldeado se selecciona por el tipo de masa y galleta que se quiera obtener. Se identifican los siguientes sistemas de moldeado en la industria de galletas. El primero, consiste en la formación de una lámina de masa por medio de un sistema de enhebrado y aplanadores, que después pasa a cortadoras rotativas que forman galletas y la masa restante, regresa al sistema inicial de alimentación. Este se utiliza principalmente para galletas tipo “cracker” o “maría” (Almond,1989).

Otro sistema utilizado es el de laminación, que se aplica a la formación de galletas saladas. Consiste también en un sistema de enhebrado y aplanadores que forma una lámina de masa delgada. La diferencia en este, es que la masa pasa por un segundo sistema donde se dobla la masa encima de la misma para colocar una capa encima de otra y permitir esa textura aireada y laminada de la galleta (Almond,1989).

Para galletas con masas más suaves, debido a su alto contenido de grasa y azúcar, se identifican dos sistemas principales: el moldeado rotatorio y la deposición por corte de alambre. El primero se utiliza principalmente por la versatilidad que presenta al formar diferentes diseños, formas y tamaños de galletas. El proceso consiste en presionar la masa en los moldes por medio de rotación, mientras una cuchilla rasura el exceso de la orilla para obtener solamente las galletas. Con la rotación, se deposita la galleta en una banda transportadora a base de algodón para facilitar la extracción al molde (Manley, 1998).

Para las galletas de avena, se utiliza el sistema de deposición por corte de alambre. La masa se alimenta a la tolva de alimentación y por medio de dos rodillos de alimentación se extruye a unos moldes y al obtener la forma, se corta con un alambre. Después del corte, la galleta queda depositada en la banda transportadora directamente. La velocidad del alambre se ajusta según el gramaje deseado de la galleta. Dicho sistema se presenta en la siguiente figura (Manley, 1998).

Figura 7. Sistema de deposición por corte de alambre.



Fuente: Davidson, 2019

5. Proceso horneado

Los hornos para el horneado de galletas más comunes son los hornos tipos túnel. Estos consisten en una banda transportadora que acarrea la masa a una cámara de horneado. La longitud del horno depende del tipo de galleta y sus características organolépticas deseadas, sin embargo, el largo se encuentre entre 20m a 100m de longitud. El material de la banda transportadora puede variar. Las más comunes consisten en una malla de alambre o una plancha de acero. Estas se mueven a partir de tambores cilíndricos al inicio y al final del horno. La velocidad de la banda transportadora es variable, por lo que el tiempo de horneado puede ajustarse según las necesidades del proceso (Davidson, 2017).

a. Transferencia de calor en el proceso de horneado

La transferencia de calor en el proceso se da principalmente por radiación, debido a la radiación electromagnética infrarroja de los quemadores de gas, las superficies calientes de la cámara de horneado y los tubos que contienen los gases calientes de los quemadores en el

sistema de horneado indirecto. Este calor por radiación penetra en la masa de las galletas, sin secar la galleta de forma abrupta (Davidson, 1989).

Dentro del proceso de galletas, la conducción se da por el contacto de la banda transportadora directamente a la masa. Se suele precalentar la banda para mejorar la transferencia de calor para lograr un desarrollo de la estructura y textura más rápido (Davidson, 1989).

Por último, la convección, se puede llevar a cabo en hornos con sistemas forzados de circulación de aire caliente. Esto afecta directamente la parte superior de la galleta, por lo que el secado y la coloración de la galleta es más eficiente. El problema que puede dar este tipo de transferencia, es la formación de costras en la superficie de las galletas, por lo que esta no se infla o expande para dar la forma deseada. Esto ocurre si se lleva a cabo al inicio del proceso de horneado (Davidson, 1989).

b. Tipos de calentamiento

El calentamiento dentro de los hornos se puede dar de forma directa por medio de quemadores de gas o calentadores eléctricos. Para los sistemas directos, se puede utilizar gas como fuente de energía o energía eléctrica. Los quemadores o calentadores se encuentran dentro de la cámara de horneado y transmiten el calor de forma directa por radiación (Davidson, 1989).

Por otro lado, el calor puede proveerse de forma indirecta por medio de intercambiadores de calor. Estos sistemas utilizan diesel, donde los gases de combustión no entran en la cámara de horneado. Por ejemplo, en un sistema indirecto de radiación, el aire caliente o los gases de combustión circulan por tubos colocados por arriba y debajo de la banda transportadora y emiten calor en forma de radiación. Por otro lado, en un horno indirecto por convección, el quemador, calienta un intercambiador de calor de múltiples pasos, donde el se circula aire y el aire caliente se bombea directamente a la cámara de horneado (Davidson, 1989).

c. Control de proceso

A lo largo del horno túnel, se pueden encontrar diferentes puntos de control, separadas por una longitud específica, que depende del largo total del horno. En estos puntos se evalúa la temperatura y la humedad, con el fin de obtener los parámetros ideales de humedad, coloración, estructura de las galletas dentro del horno (Davidson, 2017).

El control de la humedad en la cámara de horneado y la remoción de humedad en la masa de galletas, se logra por medio de la inserción de sistemas de extracción en las zonas de control. Estos consisten en ductos que extraen el aire húmedo de la cámara por medio de un ventilador y lo expulsan por chimeneas a la atmósfera (Davidson, 2017).

En algunos hornos, el aire húmedo extraído de la cámara se recircula con el fin de promover la transferencia de calor y contribuir a las condiciones ideales de horneado. A esto

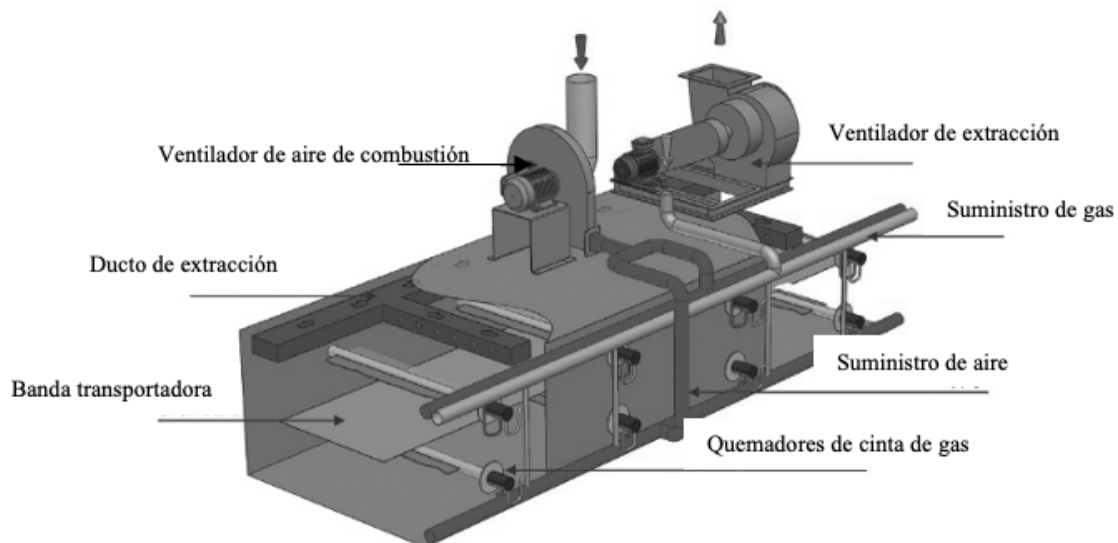
se le denomina sistemas de turbulencia, que se utilizan principalmente para hornos que tienen poco movimiento de fluidos como los hornos indirectos de radiación (Davidson, 2017).

d. Tipos de horno

1) Hornos de gas directos

Este tipo de horno consiste en una banda transportadora dentro de la cámara de horneado, que se encuentra rodeada por quemadoras de cinta de gas. Una mezcla de gas y de aire se alimenta a los tubos, donde por medio de un electrodo de chispa se da la ignición en las quemadoras. La transferencia de calor se da principalmente por la radiación de las llamas de gas y las superficies de la cámara de horneado. El combustible más utilizado es el gas licuado de petróleo (GLP) o gas natural, debido a la inocuidad de la industria de alimentos (Davidson, 2017).

Figura 8. Funcionamiento de horno de gas directo



Fuente: Davidson, 2019

2) Hornos eléctricos

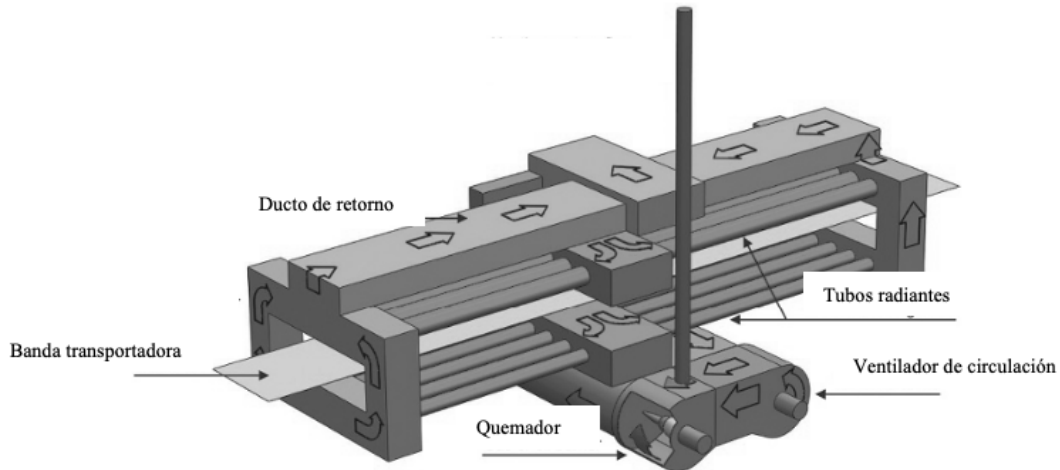
Los hornos eléctricos están contruidos de forma similar a los hornos de gas directos. La principal diferencia es el elemento de calefacción utilizado, que consiste en resistencias u otros elementos eléctricos, en lugar de los quemadores de cinta de gas. Este tipo de energía a diferencia del gas no requiere espacio adicional de almacenamiento y su manejo es más seguro (Davidson, 2017).

3) Hornos indirectos de radiación

Este tipo de hornos se dividen en diferentes secciones que contienen un sistema compuesto de un quemador, un intercambiador de calor y un sistema de circulación de los gases de combustión. Primero se lleva a cabo la combustión en un quemador. Los gases de

combustión se transportan a unos ductos que los distribuyen a tubos de acero que se encuentran por arriba y debajo de la banda transportadora de galletas. Los gases calientes viajan a lo largo del de los tubos y ductos e irradian calor. Al final de la sección, se recolectan los gases y se redirigen al quemador para ser recirculados (Davidson, 2017).

Figura 9. Funcionamiento de horno indirecto de radiación



Fuente: Davidson, 2019

4) Hornos por convección

Los hornos por convección al igual que los de radiación, se construyen en zonas. Cada zona contiene un sistema que consiste en un quemador y en un ventilador. Este se encarga de soplar el aire al quemador y después a ductos a lo largo de la sección del horno. Estos ductos se encuentran por arriba y debajo de la banda transportadora y algunos contienen ranuras que inyectan aire directamente al producto. El aire caliente se recircula al ventilador para empezar nuevamente el ciclo. Cada sección debe tener un sistema de extracción para remover humedad de la cámara de horneado (Davidson, 2017).

Se pueden identificar los hornos por convección directos e indirectos. En los primeros, los gases calientes de combustión se combinan con aire recirculado proveniente de la cámara de horneado y se sopla directamente a los productos. De tal manera, no se pueden utilizar combustibles como diesel, ya que no son de grado alimenticio. El sistema indirecto por otro lado, contiene los gases de combustión en un intercambiador de calor de varios pasos. El aire, en este caso no se mezcla con los gases, sino que pasa a través de los tubos y se calienta para entrar a la cámara de horneado (Davidson, 2017).

6. Bandas transportadoras

Para transportar el producto dentro del horno, es necesario el uso de bandas transportadoras. El sistema de transporte se compone por dos tambores giratorios que se encuentran a cada lado del horno y la banda, que puede ser de diferentes materiales, según el tipo de galleta que se esté horneando. Los tambores giratorios tienen como función principal dar movimiento y tensión a la banda dentro del horno. Con respecto a las bandas

transportadoras dentro del horno, estas no solamente se encargan de acarrear el producto, sino también pueden cumplir con la función de transferencia de calor (Steinhaus, 2015).

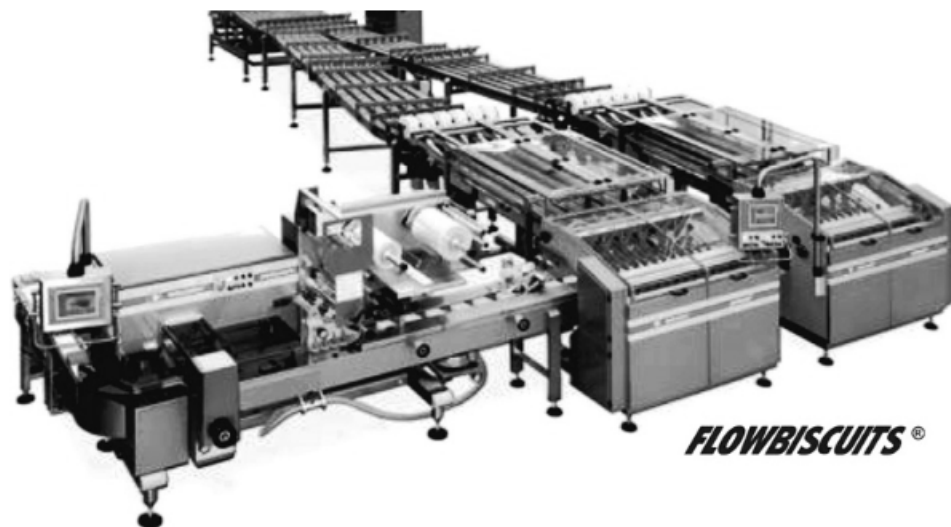
7. Enfriamiento

Antes de llevar a cabo el proceso de empaque, se deben enfriar a temperatura ambiente para evitar el crecimiento de microorganismos en el producto final. Con esta operación, también se pretende reducir el gradiente de humedad en el centro de las galletas. Este proceso de enfriamiento se lleva a cabo por una serie de bandas transportadoras que acarrean el producto por un tiempo determinado. Según estándares típicos de la industria, este tiempo es de 1.5 a 2 veces el tiempo de horneado (Almond, 1989).

8. Manejo de galletas

Posterior al enfriamiento de las galletas, las galletas se llevan a equipos que se encargan del ordenamiento de las galletas. Este manejo de las galletas hacia el empaque puede darse de forma automática o manual. Con respecto a la primera modalidad, el sistema puede alimentar las galletas directamente a la máquina de empaque por medio de bafles que direccionan las galletas a los carriles de ingreso al empaque, como se muestra a continuación (Davidson, 2019).

Figura 10. Manejo automático de galletas



Fuente: RECORD Spa, 2017

Sin embargo, este proceso automático ocurre principalmente en plantas de producción de un solo tipo de galletas. En caso contrario, se suele optar por un sistema de ordenamiento del producto, para que los operarios tengan mayor facilidad de trasladar las galletas manualmente a la máquina de empaque. Las galletas se apilan en diferentes carriles como se presenta a continuación (Almond, 1989).

Figura 11. Manejo manual de galletas

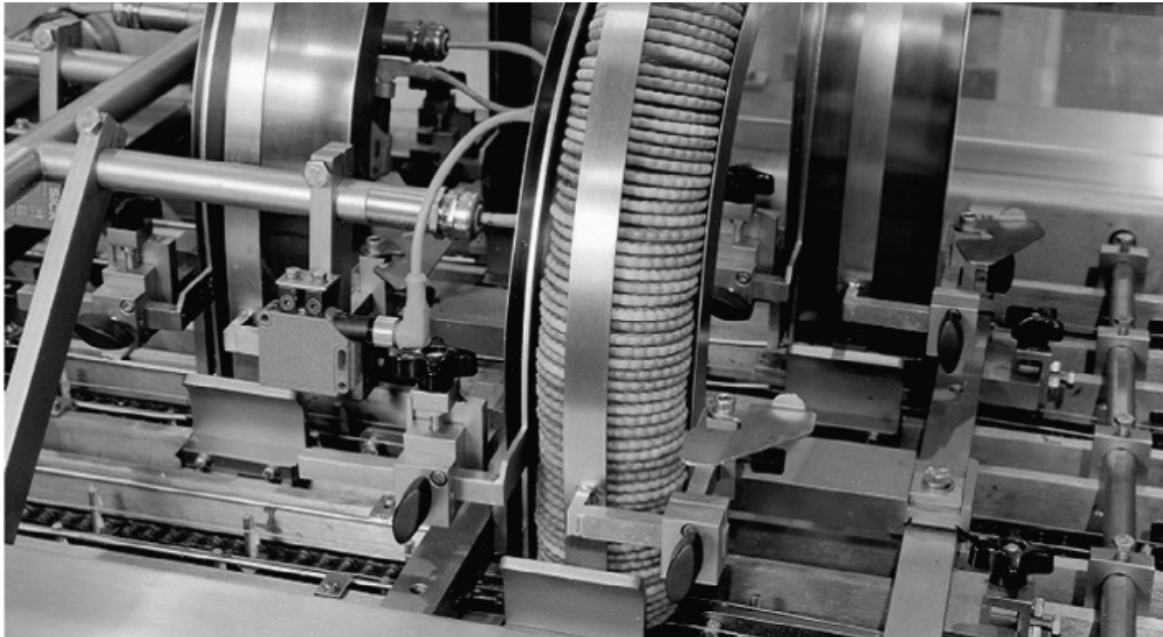


Fuente: Riley Product Handling, 2017

9. Relleno de galletas

Para la producción industrial de galletas con relleno o galletas tipo sándwich, el proceso suele ser automático. Sin embargo, las galletas se alimentan de forma manual a una máquina con dos carriles. Las galletas se van removiendo del primer carril que provee la galleta base (Davidson, 2019).

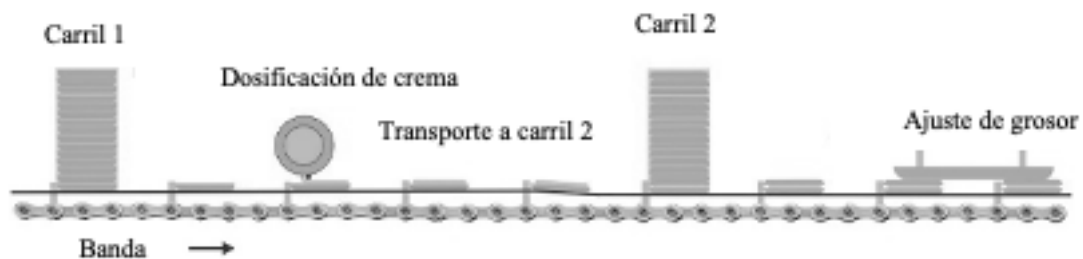
Figura 12. Carril para relleno de galletas



Fuente: Baker Perkins, 2017

La galleta base se transfiere a una pequeña banda transportadora donde se dosifica la crema. La banda transportadora se caracteriza por ser una cadena compuesta de placas unida por pasadores. Cada eslabón se conforma por dos pasos unidos por el pasador. Posterior al relleno, se añade la otra galleta proveniente del segundo carril. Este proceso se presenta en la siguiente ilustración. (Davidson, 2019).

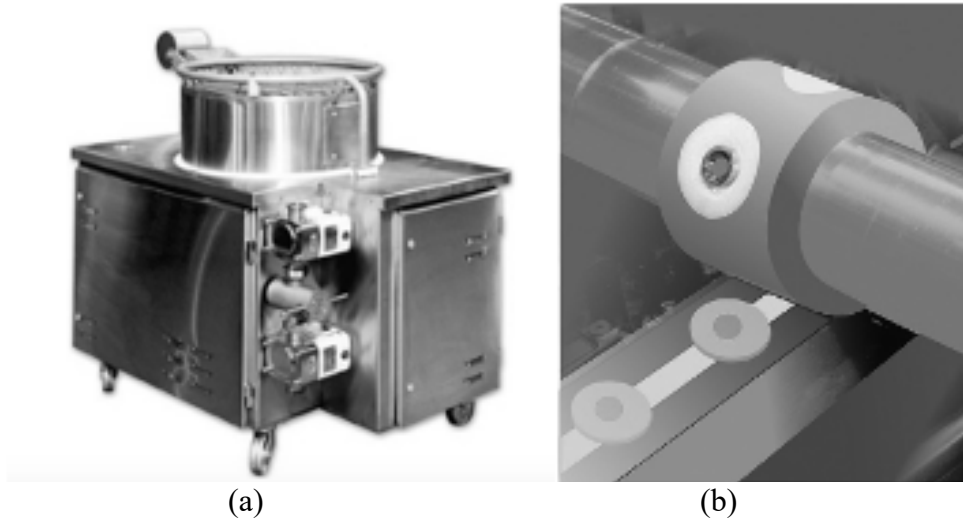
Figura 13. Relleno de galletas tipo sándwich.



Fuente: Davidson, 2019

El dispositivo utilizado para aplicar la crema suele ser un dispositivo giratorio que se alimenta por medio de bombas desde un tanque que almacena la crema. Por cada línea de relleno, se debe utilizar una bomba, la cual se ajusta a la velocidad requerida para satisfacer la demanda. Al ingresar una galleta a la banda, el equipo gira y deposita el relleno sobre la primera galleta. La dosificación se regula por medio de un corte de alambre (Davidson, 2019)

Figura 14. Sistema de dosificación de crema.



- (a) Tanque de crema
(b) Dispositivo dosificador regulado por corte de alambre

Fuente: Richeng Foodstuff Machinery Co. Ltd, 2017

10. Empaque

El empaque es una operación que debe cumplir con las siguientes funciones:

- Presentar el producto de una forma atractiva para los consumidores.
- Desplegar el tipo de galletas, peso neto, ingredientes, información del fabricante u otros temas regulatorios.
- Mantener la frescura y sabor del producto, para proveerle una larga vida de anaquel.
- Brindar una barrera efectiva hacia la humedad y olores ajenos al producto.
- Evitar la oxidación de grasas y aceites.
- Proteger el producto de la luz visible y radiación UV.
- Proveer protección al producto durante el transporte hacia la góndola.

a. Tipos de empaque

Dependiendo del tipo de galleta, se presentan diferentes tipos de empaques que se seleccionan a partir de los ingredientes de la galleta. Dependiendo de la película utilizada, el sellado se llevará a cabo con calor o en ausencia de este. A continuación se presentan algunas de las estructuras más utilizadas en la industria de galletas (Davidson, 2019).

- Polipropileno orientado metalizado y polipropileno biorientado.
- Tereftalato de polietileno biorientado
- Tereftalato de polietileno normal y reciclado.
- Aluminio

b. Empaque con atmósfera protectora

Algunos procesos de empaque añaden la inyección de gases con composición diferente a la del aire con el fin de remover oxígeno adentro del empaque. Esto se hace con el propósito de mejorar las conciciones de conservación del producto, ya que el oxígeno del ambiente, puede provocar la oxidación de las grasas, resultando en la generación de mal olor en el producto. Se utilizan gases inertes como nitrógeno o dióxido de carbono (BTSA, s.f.; Davidson, 2019).

c. Procesos de empaque

Dependiendo de la presentación que el fabricante quiera darle a su galleta, se pueden optar por diferentes tipos de empaque y por lo tanto equipos para cumplir con dicha presentación. A continuación, se presentan los tipos de empaque relevantes para la empresa y las galletas que busca producir (Davidson, 2019).

1) Empaque vertical

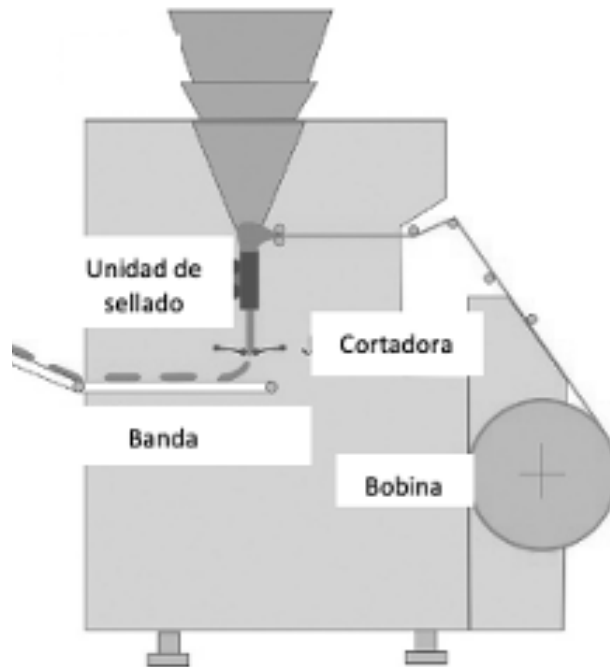
Las galletas con diámetros menores, se empacan en bolsas cuyo sellado es vertical. El producto se alimenta según el peso neto declarado de forma manual o automática. Varias máquinas automáticas tienen incorporado un sistema de pesaje que dosifica el producto hasta llegar al peso declarado. La máquina posee un tubo formador que preforma la bolsa. Al tener ya el sello horizontal formado, las galletas se dejan caer y se procede a sellar el siguiente extremo de la bolsa. En paralelo, se sella también de forma vertical, si es requerido en la presentación.

Figura 15. Tolva multicabeza



Fuente: Ishida Co. Ltd.

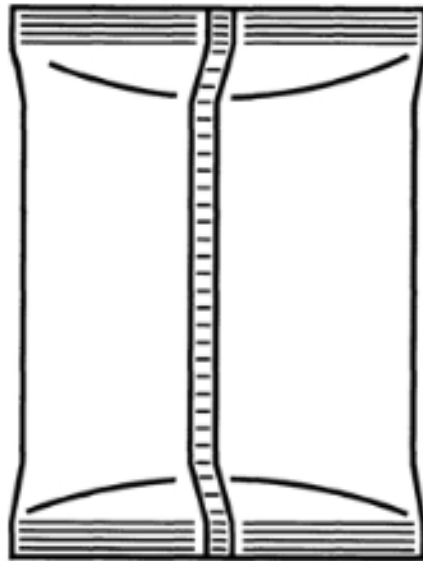
Figura 16. Selladora vertical



Fuente: Davidson, 2019

Por otro lado, cuando no se cuenta con una tolva con la capacidad de prepesado, se debe hacer el prepesado de forma manual y se puede trasladar a una tolva principal por elevadores de canchales para llevar a cabo el sellado de la misma forma.

Figura 17. Empaque vertical de galletas.

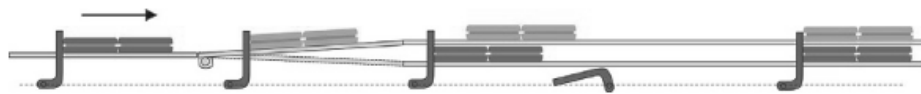


Fuente: Guangzhou Mingke Packaging Machine Co., LTD, 2022.

2) Empaque horizontal de galletas apiladas

Cuando se requieren apilar galletas dentro de un solo empaque, las máquinas tipo “flow pack” suelen ser las más adecuadas. Al igual que el sellado vertical, la dosificación puede ser automática o manual. Para el primer caso las galletas se desvían, después de la banda de enfriamiento, a una línea a una automática de empaque que genera el arreglo deseado de galletas. Se empieza con una banda que se divide en los niveles necesarios, según la cantidad de filas que desee obtenerse en el empaque final. Si se requiere crear dos filas con dos columnas de galletas, se deberán tener dos bandas, donde una pasa encima de la otra, de la siguiente manera.

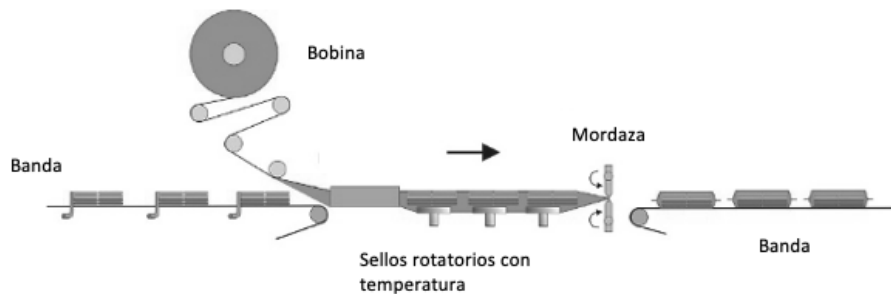
Figura 18. Apilado de galletas



Fuente: Davidson, 2019

Cuando las galletas se encuentran alineadas, caen nuevamente a una sola banda transportadora que las dirige a la máquina empacadora tipo “flow pack”. Esta máquina va formando la bolsa, mientras entra el producto y una mordaza giratoria hace el corte para obtener una unidad empacada.

Figura 19. Funcionamiento de máquina empacadora tipo “flow pack”.



Fuente: Davidson, 2019

Figura 20. Empaque con maquina tipo “flow pack”



Fuente: LIDERPAC, 2021.

11. Embalaje

Se conoce como embalaje al proceso de empaque requerido para el almacenamiento, manipulación y traslado de los productos terminados. Este también debe cumplir con la función de condiciones de estiba, almacenaje, desempaquetado, etc. El material utilizado por excelencia en la industria es el cartón corrugado, pues provee protección a las condiciones ideales del producto. El material se conforma de varias capas de papel que se somete a un proceso de fijación que le da resistencia y estructura.

12. Ventilación

El sistema de ventilación se compone de varios elementos. Existen varios tipos de ventilación donde se identifican los sistemas de simple flujo y los de doble flujo. Si tomamos en cuenta sistemas de ventilación industriales, normalmente se utiliza el segundo sistema. Este tipo de sistema no solo extrae el aire de un interior para impulsar aire nuevo, sino que también trata el aire a ingresar de diferentes formas dependiendo del objetivo del sistema. Algunos de los tratamientos son: el filtrado, la calefacción, la refrigeración o incluso la humidificación o deshumidificación (Sistemas de Ventilación SLU, 2022)

Independiente al sistema de extracción, los componentes de un sistema son los mismos. Primero se deben considerar las campanas de captación y la serie de ductos que llevan el aire al ventilador. Además se deben considerar varios accesorios para llevar a cabo la ventilación. Entre los métodos utilizados para diseñar los sistemas de ventilación y sus componentes como los conductos se identifican el método de la presión dinámica y el método de la longitud equivalente. Con estos métodos se puede obtener de qué tamaño deben ser los ductos y también la carga que se pierde en el sistema. Existen también varios softwares que sirven como soporte para este proceso. Easyduct es uno de estos softwares que ayuda a calcular el tamaño de los ductos de un sistema de ventilación, entre otros detalles (ALG, 2021).

13. Control de calidad

En la industria de galletas, el control de calidad debe abarcar las materias primas y de empaque, el proceso de producción, el producto terminado y el empaque del mismo. De tal forma, varias áreas se ven involucradas como el abastecimiento, almacenaje, producción y el laboratorio de calidad. A nivel internacional, existen certificaciones para asegurar la calidad de productos de todas las categorías, siendo las más conocidas HACCP o ISO 9000. A nivel Centroamérica, las especificaciones de calidad, tanto como las condiciones de planta o incluso etiquetado de alimentos, se rigen por el Reglamento Técnico Centroamericano.

E. Requerimientos de proceso de las galletas de avena

Las galletas de avena a producir tienen requerimientos específicos de fórmula y de proceso principalmente por el sabor, color y textura que se quiere obtener. Algunos de los requerimientos son:

- La deposición de la masa directamente a la banda transportadora del horno.
- La receta debe ser alta en grasa y azúcar.
- Se requieren largos tiempos de mezclado con temperaturas relativamente bajas de horneado.
- Las bandas transportadoras deben ser de acero inoxidable.
- Se requiere alta humedad en el ingreso del horno para permitir la expansión de la galleta (Manley, 2001).

F. Buenas prácticas de manufactura según RTCA

Según el RTCA 67.01.33:06, que se titula: INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y BEBIDAS PROCESADOS. BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA. PRINCIPIOS GENERALES, las buenas prácticas de manufactura son las “condiciones de infraestructura y procedimientos establecidos para todos los procesos de producción y control de alimentos, bebidas y productos afines, con el objeto de garantizar la calidad e inocuidad de dichos productos según normas aceptadas internacionalmente”. Para el diseño de una planta de alimentos en la región de centroamérica, se deben seguir las indicaciones y requerimientos dictados por este documento. El documento tiene alcance sobre las condiciones de los edificios, de los equipos y utensilios, el personal, control de proceso y la vigilancia y verificación (RTCA, 2006).

Con respecto al primer punto, se hace énfasis sobre los alrededores y ubicación, donde se pretende seleccionar un lugar que proteja la producción de cualquier tipo de contaminación. De tal manera se debe procurar el mantenimiento de los alrededores con el fin de evitar plagas. La ubicación seleccionada debe ser un lugar libre de olores extraños o inundaciones que puedan repercutir en la inocuidad de los alimentos. Es de suma importancia separar el espacio de producción de cualquier vivienda y las vías de acceso deben estar pavimentadas con el fin de evitar polvo dentro de las instalaciones (RTCA, 2006).

El diseño por otro lado, debe considerar que el área de producción se encuentre delimitada por paredes para proteger de los alrededores los alimentos de plagas y

contaminantes como humo o polvo. El consumo de alimentos del personal como de vestidores, debe estar delimitada y separada del área de procesamiento. Al momento de diseñar, se deben considerar áreas de almacenamiento separadas para materia prima, producto terminado y productos de limpieza. En caso de haber sustancias peligrosas, también deben ir aisladas de las áreas mencionadas. Los equipos de la planta también deben tener un espacio mínimo de 50 cm entre sí para poder facilitar la limpieza. Con respecto a materiales de construcción, no es permitido el uso de madera y todos los materiales adicionales no pueden transmitir sustancias no deseadas a los alimentos (RTCA, 2006).

Para pisos, paredes, techos y ventanas/puertas, existen requerimientos específicos. Los pisos deben ser impermeables, lavables y antideslizantes, por lo que suele utilizarse pinturas epóxicas para dar estas propiedades. Con el fin de facilitar la limpieza se debe agregar a la unión entre el piso y pared una curva sanitaria, que facilite la limpieza y evite la acumulación de polvo. Con respecto a las paredes, los materiales varían desde concreto a ladrillo y deben recubrirse con materiales que les den las propiedades requeridas para los pisos. Por último, las ventanas y puertas deben cumplir la función de evitar el ingreso de plagas, suciedad e incluso agua (RTCA, 2006).

Las condiciones de los equipos son de suma importancia para fomentar la inocuidad en los alimentos. Los materiales deben ser de materiales no corrosivos y deben presentar larga vida ante la constante desinfección. Uno de los materiales más utilizados en la industria por este requerimiento es el acero inoxidable o incluso plásticos certificados para la industria de alimentos (RTCA, 2006).

G. Balances de masa y energía

1. Balance de masa

Con respecto a los balances de masa, las entradas y salidas se presentan representadas en la Figura 2. El proceso consiste principalmente en transformaciones físicas, donde las pérdidas se dan específicamente por acumulación de los ingredientes en el equipo, que es lo que se considera como merma del proceso. De tal forma el balance de masa en los equipos de mezclado, moldeado, enfriamiento y empaclado, se puede representar con la siguiente ecuación.

$$\textit{Entradas} = \textit{Merma} + \textit{Salidas}$$

En el proceso de horneado, se presenta la pérdida de agua, por lo que el balance de masa en este equipo o región del proceso, se representa de la siguiente manera.

$$\textit{Entradas} = \textit{Agua} + \textit{Salidas}$$

2. Balance de energía

El balance de energía del proceso de producción de galletas se concentra principalmente en el proceso de horneado y de enfriamiento. Los demás equipos suelen

funcionar a través de energía eléctrica y su requerimiento será dependiente de las especificaciones del proveedor. De tal forma, se presentan las ecuaciones teóricas para el balance de energía del proceso de horneado específicamente.

De la ecuación de la primera ley de termodinámica, se cancelan los términos de trabajo, energía cinética y energía potencial, para obtener la igualdad entre el calor y la entalpía.

$$Q = \Delta H$$

El balance de calor requerido para el calentamiento del horno y la cocción de las galletas se expresa de la siguiente manera.

$$Q_r = Q_c + Q_h$$

Donde Q_r representa el calor requerido y esta es la suma del calor para la cocción de las galletas y para el calentamiento del horno.

Con respecto a las pérdidas se consideran el calor perdido por radiación y convección además del calor perdido en forma de vapor de agua.

$$Q_p = Q_{rad} + Q_{conv} + Q_{vap}$$

De tal forma el calor a la salida del horno contenido en las galletas será la diferencia entre ambos términos.

$$Q_{sh} = Q_r - Q_p$$

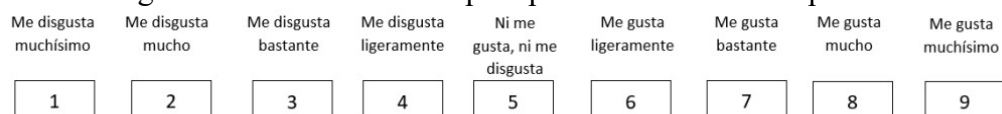
En el proceso de enfriamiento, el cálculo se llevará a cabo de forma similar. Las salidas se cuantificarán por la diferencia de la energía contenida en las galletas a la salida del horno y las pérdidas por cambio de temperatura en el proceso. De tal forma se obtiene la siguiente ecuación.

$$Q_{se} = Q_{sh} - Q_{pe}$$

H. Panel sensorial de aceptación

Las pruebas de aceptación, se utilizan con el fin de evaluar el grado de aceptabilidad de un producto por los consumidores. En las muestras de aceptación se puede evaluar la aceptación en general de un producto o de algún atributo específico del mismo. Se solicita al consumidor indicar por medio de una escala hedónica el grado de aceptación, como se presenta en la siguiente figura. Sin embargo, los números de las escalas puede variar, es decir se pueden presentar varios niveles (Meilgaard, 2007).

Figura 21. Escala hedónica para panel sensorial de aceptación



Fuente: Elaboración propia

Para este tipo de pruebas se lleva a cabo un análisis de datos por medio de un ANOVA para verificar si existe diferencia significativa en los atributos evaluados de dos o más productos (Meilgaard, 2007).

I. Panel sensorial de preferencia

Las pruebas de preferencia solicita a los panelistas que indiquen que muestra es de su preferencia. Se le debe solicitar al panelista que ordene las muestras según su preferencia. Para el análisis de estos datos se utiliza el Test de Friedman que se rige por la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Parámetro T de Friedman

$$T = \left| \frac{12}{b * t * (t + 1)} * (\sum X^2) - 3b(t + 1) \right|$$

Fuente: Lawless, 2004

Donde:

b = número de panelistas

t = número de tratamientos

X = sumatoria de los rangos

T = parámetro de Friedman

El parámetro T obtenido, debe compararse con el valor crítico de chi cuadrado, que se selecciona a partir del número de panelistas y de tratamientos. Si la T de Friedman es mayor al valor crítico se determina la existencia de una diferencia significativa y si es menor, no existe diferencia significativa (Lawless, 2004).

En el caso que se evaluén más de dos tratamientos, es recomendable llevar una prueba que determine la existencia de la diferencia significativa entre los diferentes parámetros. La prueba a utilizar puede ser la de Kramer. En esta prueba se obtiene el valor absoluto entre la diferencia de las sumas de los rangos de las dos muestras evaluadas. Si el valor absoluto de la diferencia es mayor al valor crítico de diferencia entre suma de categorías, si existe diferencia significativa entre las preferencias de ambas muestras (Lawless, 2004).

V. ANTECEDENTES

A. Mercado de snacks saludables

En el año 2021, el mercado de snacks saludables alcanzó un valor de 24,510 millones de dólares. Según el estudio “Mercado global de refrigerios saludables: tamaño global, tendencias, análisis competitivo, histórico y de pronóstico, 2022-2028” se estima que la tasa de crecimiento anual compuesta tendrá un valor del 5.2% para alcanzar un valor de 34,950 millones de dólares en el año 2028. Este crecimiento se debe principalmente al cambio de tendencia en la preferencia de hábitos alimenticios saludables (Brandessence Market Research, 2021).

En línea con dicha tendencia, el aumento de la demanda se ve influenciado por la cultura corporativa que ha traído cambios en los horarios de trabajo, además de la igualdad del rol femenino y masculino en el hogar. Dichas implicaciones llevan la preferencia del consumidor hacia una opción no solo saludable, sino fácil de preparar y llevar. Con el aumento de enfermedades como la obesidad, diabetes e hipertensión, crece también el interés del consumidor en cambiar sus hábitos alimenticios, donde se buscan altos contenidos de fibra como lo puede aportar la avena (Brandessence Market Research, 2021).

B. Mercado de galletas y galletas saludables

Entre los años 2020 a 2025 se proyecta una tasa anual compuesta de crecimiento de 7.37% para el mercado de galletas en general. Con respecto a líderes del mercado, Europa presenta el mayor porcentaje del mercado, seguido de Norteamérica. A pesar del actual tamaño del mercado de galletas de estas regiones, el crecimiento de la demanda per cápita cada vez es menor a comparación del crecimiento que presenta esta demanda en países en desarrollo. Asia presenta el crecimiento más rápido, debido al aumento en urbanización e ingresos de los consumidores (Mordor Intelligence, 2021).

Dentro de la categoría aumenta la tendencia a alternativas más saludables. En la categoría de galletas saludables se encuentran las galletas sin gluten, bajas en azúcar, grasa, carbohidratos, altas en fibra o incluso con ingredientes orgánicos, donde varias industrias están buscando la certificación NonGMO (Mordor Intelligence, 2021).

C. Población objetivo

Según la industria guatemalteca en asunto, la marca de las galletas tiene como población objetivo aquellos habitantes entre las edades de 18 a 45 años. El consumidor se encuentra en los niveles socioeconómicos A y B, que se caracterizan por ganar entre Q.100,000.00 a Q.61,000.00 mensuales. Tomando en cuenta los datos recopilados en su investigación titulada “Estudio de niveles socioeconómicos de Guatemala” del año 2013 por

la Unión Guatemalteca de Agencias de Publicidad, los niveles socioeconómicos A y B abarcan el 1.8% de la población guatemalteca (UGAP, 2013).

Con respecto al rango de edad, el Censo Poblacional de Guatemala del año 2018 reporta que la población guatemalteca entre las edades 15 a 45 años, abarca el 47% de la población total de Guatemala. Según el Instituto Nacional de Estadística, Guatemala alcanzó para el año 2022 un total de 17,357,886. habitantes. Tomando dichos datos en consideración, el tamaño del mercado objetivo asciende a un total de 146,848 habitantes (Censo Poblacional, 2018).

D. Proceso de producción actual

1. Despacho, almacenamiento e inspección de materias primas

Actualmente la empresa guatemalteca delega la producción de galletas a un tercero. Las materias primas se despachan por parte de los proveedores directamente a la planta del maquilador, a excepción de la avena, que es importada por la empresa. Esta se recibe en el centro de distribución y se almacena según la demanda. Una vez entregada la materia prima, se toman muestras de análisis y retención y se envían a las instalaciones de calidad de la empresa, para analizar los diferentes parámetros de calidad y liberar la materia prima si cumple con los requerimientos establecidos por los estándares generados por la empresa.

2. Prepesado de materias primas

Posterior a la liberación de las materias primas, se lleva a cabo el proceso de prepesado por los formuladores de la empresa maquiladora. Se lleva un registro de los pesos de cada materia prima para asegurar la calidad. El producto prepesado se almacena en bolsas para los minoritarios y para los mayoritarios se dosifica directamente de los sacos. En caso fuera necesario, se utiliza una vástula industrial.

3. Formulación y mezclado de los ingredientes

Los ingredientes se agregan y se mezclan en dos fases. La primera fase consiste en la adición de los minoritarios, azúcar y la grasa para generar una crema. En la segunda fase se añaden los ingredientes mayoritarios. Al final de las dos fases de mezclado se obtiene una masa lista para dosificar a los moldes.

4. Transporte de la masa a la moldeadora

El transporte de la masa de la mezcladoras a los moldes, se lleva a cabo por medio de un contenedor de acero inoxidable con ruedas. La masa se dosifica a la tolva de la moldeadora de forma manual.

5. Moldeado de las galletas

Las galletas ingresan a una tolva y utilizan una máquina de corte por extrusión donde los moldes se fabricaron para cumplir con los requerimientos de las dimensiones de las galletas. La inclinación del alambre se ajusta al peso que se vaya obteniendo. Las galletas húmedas tienen una masa de 11-15g. Después de ser cortadas las galletas, pasan a una banda transportadora que las dirige al horno.

6. Horneado de galletas

Las galletas ingresan por la banda transportadora al horno, donde pasan entre 10 a 15 minutos y un operador observa por la mirilla el estado de las galletas.

7. Enfriamiento

Posterior al horneado, las galletas pasan a una banda transportadora para que se enfríen a temperatura ambiente. Al final de la banda las galletas caen sobre canastas estibables listas para el proceso de empaque.

8. Empaque primario y secundario

Las canastas con galletas son trasladadas manualmente por un operario a una empacadora tipo “flow pack” donde cuatro operarios colocan las galletas manualmente según la configuración deseada y estas se envuelven por la máquina. Al ser empacadas pasan por un detector de metales y caen nuevamente a canastas estibables. Estas se transportan a una segunda empacadora tipo “flow pack”, donde nuevamente cuatro operarios arreglan las galletas según el arreglo del empaque para obtener una contenedora secundaria.

9. Embalaje y transporte

Por último, las contenedoras se introducen a un corrugado. El producto se estiba según el arreglo determinado por la empresa y se coloca en camiones para ser transportados al centro de distribución de la empresa.

E. Control de calidad actual

Dentro de los parámetros de calidad que la empresa evalúa de su galleta es la masa de la galleta posterior al empaque, la humedad residual y la presencia de microorganismos. Por otro lado se tienen dimensiones específicas de las galletas, como diámetro y grosor; esto para que se adecúe al tamaño de empaque. Dentro del proceso, se lleva a cabo la revisión e inspección del peso de la galleta húmeda, para ajustar la inclinación del alambre que corta las galletas que salen del molde por extrusión. De igual forma, se lleva a cabo una recopilación de las masas de la materia prima prepesada.

VI. METODOLOGÍA

A. Caracterización de las propiedades físicas de las galletas: peso, humedad, diámetro y grosor.

1. Definir el tamaño de la muestra
 - a. Determinar el tamaño de la población.
 - b. Definir la significancia.
 - c. Establecer el nivel de confianza
 - d. Determinar la desviación estándar
 - e. Determinar la puntuación Z según el nivel de confianza seleccionado.
 - f. Calcular el tamaño de la muestra necesaria según la población de galletas utilizando la siguiente ecuación

Ecuación 2. Determinación del tamaño de muestra

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

2. Tomar muestras de las galletas previo y posterior al horneado según el tamaño de muestra calculado.
 - a. Para experimentación a nivel laboratorio, preparar un pequeño lote que sea suficientemente grande para extraer de forma aleatoria las unidades del tamaño de la muestra calculado.
 - b. Si la recopilación de las muestras se hará en la línea de producción, tomar de forma aleatoria la cantidad de muestras calculadas previo al horno y posterior al horno.
3. Determinar la masa previa al horno de las observaciones recopiladas.
4. Determinar la masa de las observaciones recopiladas posterior al horno.
5. Determinar la humedad de las observaciones recopiladas posterior al horno.
 - a. Encender la termobalanza y seleccionar el tipo de producto a analizar.
 - b. Iniciar el análisis presionando “START”.
 - c. Tarar la termobalanza sin plato.
 - d. Colocar el plato de aluminio y cerrar la compuerta.
 - e. Dejar transcurrir un ciclo de secado para precalentar el equipo y eliminar la humedad excedente.
 - f. Abrir la compuerta de la termobalanza.
 - g. Arrancar el análisis presionando “START”
 - h. Tarar la termobalanza con el plato precalentado.

- i. Macerar la galleta con un mortero y pistilo.
 - j. Pesar 8g de la galleta utilizando una espátula.
 - k. Ajustar la temperatura a 180°C y arrancar el análisis presionando “START”.
 - l. Esperar 10 minutos hasta que el resultado de humedad se muestre en pantalla.
6. Calcular la media de la muestra para cada una de las variables evaluadas con la siguiente ecuación.

Ecuación 3. Media muestral

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

7. Calcular la desviación estándar de la muestra para cada una de las variables evaluadas con la siguiente ecuación.

Ecuación 4. Desviación estándar muestral

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

8. Definir el porcentaje de pérdida de humedad en el proceso de horneado.
9. Determinar la capacidad necesaria de alimentación de masa húmeda de la línea de producción para satisfacer la demanda del mercado de las galletas considerando un factor de capacidad sobre la demanda de 1.4.

B. Panel sensorial de aceptación y preferencia de las galletas.

1. Determinar el tamaño de la población según el mercado objetivo.
2. Determinar el tamaño de la muestra con las siguientes ecuaciones

Ecuación 5. Determinación del tamaño de muestra 1

$$n_0 = \frac{\left(\frac{z_{\alpha}^2}{2}\right) * pq}{E^2}$$

Ecuación 6. Determinación del tamaño de muestra 2

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}}$$

3. Determinar las hipótesis para la aceptación general y los atributos específicos: apariencia, textura y sabor, la cual será la siguiente para todos los factores.
 - a. H_0 : Las medias de las muestras son iguales.
 H_A : Las medias de las muestras no son iguales.
4. Llevar a cabo el panel sensorial de aceptación y de ranking, encuestando la cantidad de personas calculadas.
5. Correr un análisis ANOVA para la determinación de los valores p para cada uno de los atributos como aceptación general.
6. Comparar los valores p obtenidos con la significancia definida para el análisis y aceptar o rechazar las hipótesis planteadas.
7. Definir por la prueba de Friedman si existe diferencia o no entre la preferencia de las galletas comparando el parámetro T y el parámetro crítico X^2 con la ecuación 1.
8. Correr si es necesario una prueba de Kramer para determinar donde existe diferencia significativa en la preferencia de las galletas.

C. Definición de las operaciones unitarias de la fabricación de las galletas para la selección de los equipos y realización de balances de masa y energía.

1. Investigar sobre las diferentes operaciones unitarias presentes en el proceso de fabricación de galletas y los diferentes equipos para llevarlas a cabo.
2. Analizar los defectos de la operación actual del maquilador, para proponer mejoras al proceso a partir de la investigación realizada.
3. Diseñar el flujo de proceso a partir de la elaboración de un diagrama de operaciones y un diagrama de flujo.
4. Iniciar la búsqueda de equipos que cumplan con la alimentación necesaria para cumplir con el histórico de la demanda utilizando 28 turnos al mes de 12 horas. (Requerimiento de la empresa)
5. Llevar a cabo el balance de masa y energía del proceso.

D. Análisis técnico-económico

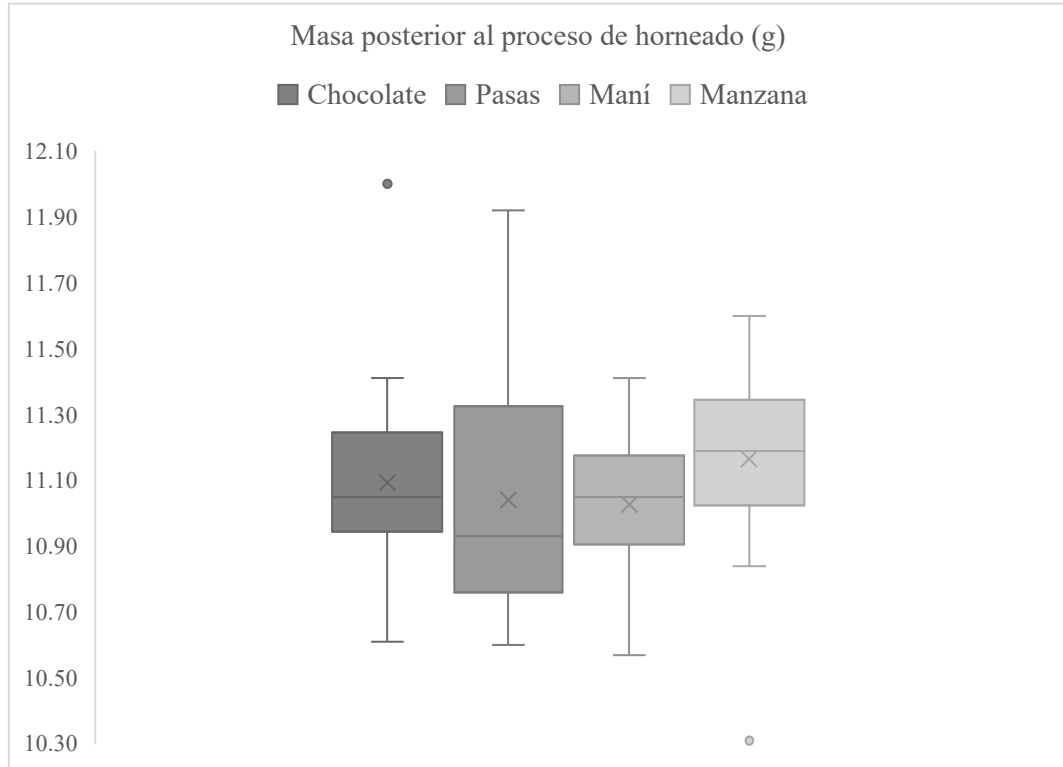
1. Cotizar los equipos seleccionados y definir la inversión de capital para calcular la depreciación
2. Presupuestar los costos operativos de un año para satisfacer la demanda, tomando en cuenta las necesidades técnicas de los equipos brindadas por el proveedor y los balances de masa y energía.
3. Calcular el costo de personal necesario según el diagrama de operaciones diseñado.

4. Obtener el costo total de manufactura propuesto y compararlo con el costo total de manufactura actual con el maquilador.
5. Obtener el ahorro de la propuesta planteada vs el proceso actual del maquilador
6. Calcular el periodo de retorno de inversión, utilidad de socios y retorno de capital invertido.

VII. RESULTADOS

A. Caracterización de las propiedades físicas de las galletas

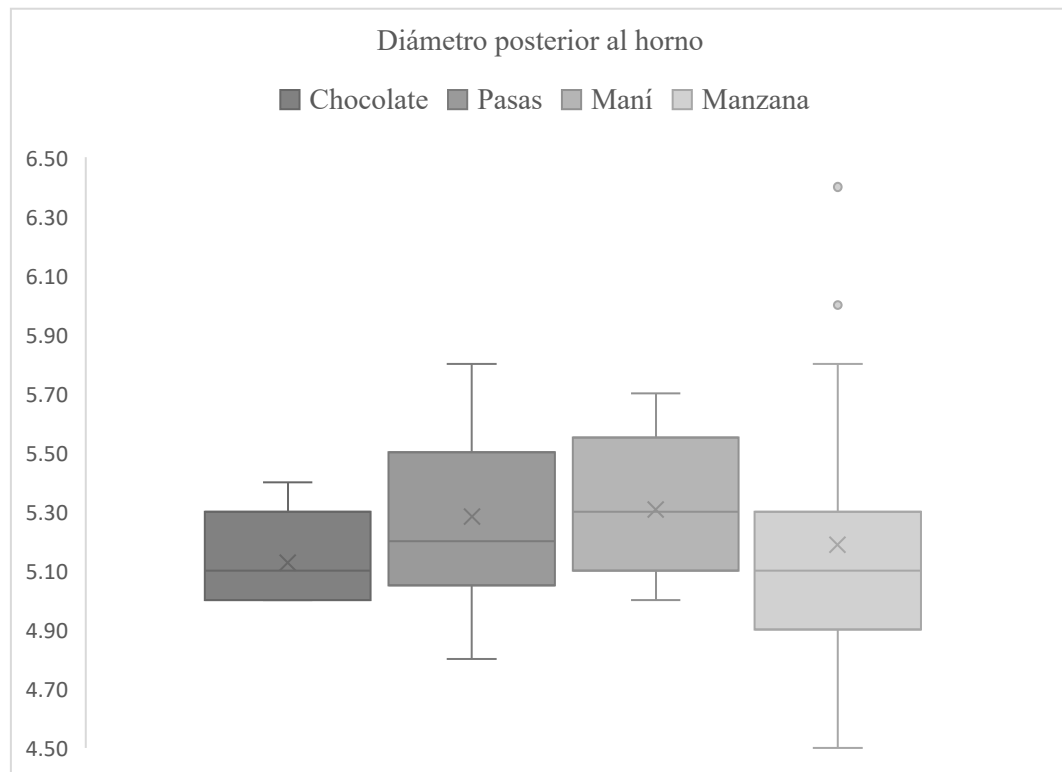
Figura 22. Diagrama de caja y bigotes de la masa las galletas posterior al proceso de horneado.



Fuente: Elaboración propia

A partir del diagrama de caja y bigotes se puede inferir que la galleta más liviana posterior al proceso de horneado es la galleta de maní, mientras que la galleta más pesada es la de manzana. Las masas que mayor variabilidad presentan son las de las galletas de pasas. Sin embargo, las galletas de chocolate y manzana presentan datos atípicos, a diferencia de las demás galletas. Los datos menos variables los presenta la galleta de maní, seguido de la galleta de chocolate y después la galleta de manzana.

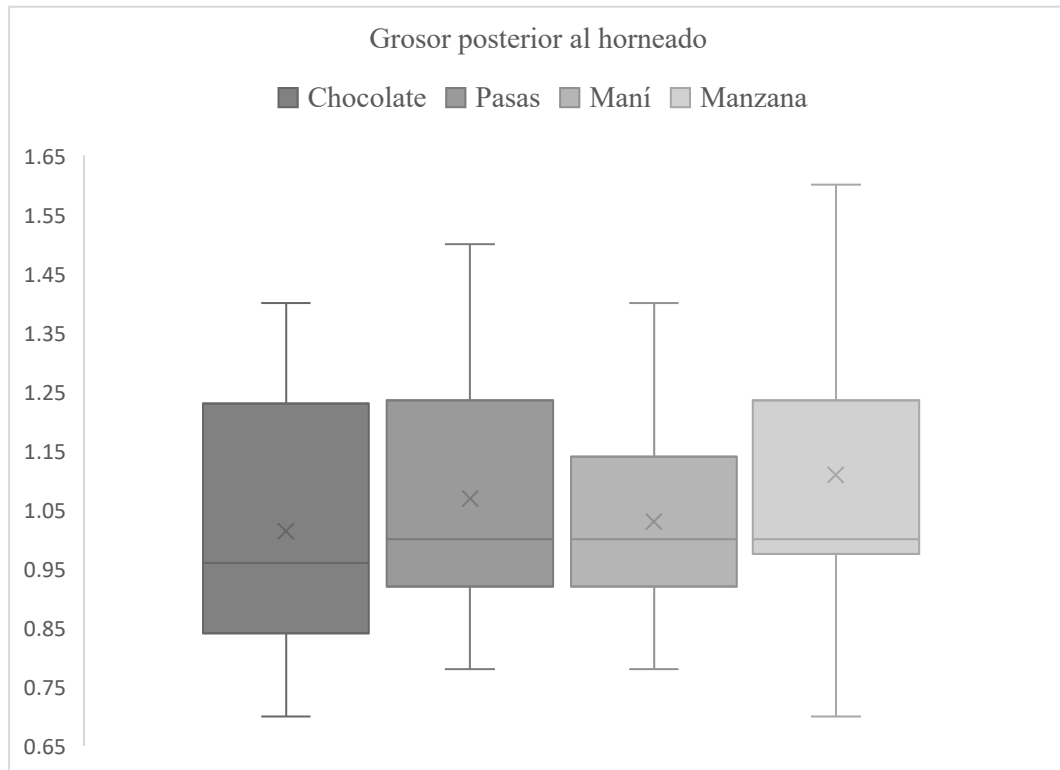
Figura 23. Diagrama de caja y bigotes del diámetro de la galleta posterior al proceso de horneado.



Fuente: Elaboración propia

Con respecto al diámetro, el diagrama de caja y bigotes presenta que la galleta con mayor diámetro es la galleta de maní, seguida de la galleta de pasas. Las galletas de pasas y de maní presentan una variabilidad similar de datos. Los datos menos variables los presenta la galleta de chocolate, teniendo el 50% de sus datos en un rango de 4.95cm a 5.30 cm. Esta galleta presentó ser la de menor diámetro, según la media. Sin embargo, la galleta de manzana presentó valores menores de diámetros que la de chocolate, pero su media se ve afectada por la presencia de datos atípicos fuera del diagrama, presentando esta la mayor variabilidad entre datos.

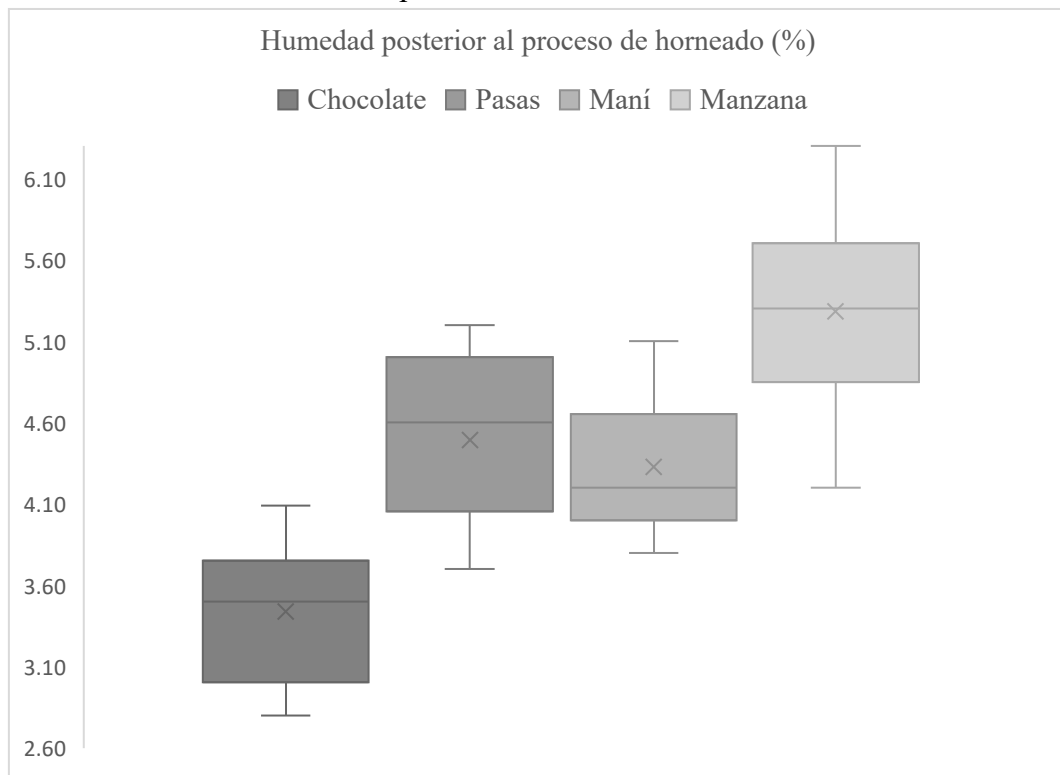
Figura 24. Diagrama de caja y bigotes del grosor de la galleta posterior al proceso de horneado.



Fuente: Elaboración propia

La galleta con mayor variabilidad de datos presentó ser la galleta de manzana. La galleta de chocolate presentó la menor media de grosor de las cuatro galletas, mientras que la galleta de manzana, presentó el grosor mayor. La galleta de maní, fue la que menor variabilidad presentó con respecto a sus datos. Para esta parámetro, la mediana presenta ser muy similar para las galletas de pasas, maní y manzana.

Figura 25. Diagrama de caja y bigotes de la humedad de la galleta posterior al proceso de horneado.



Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de humedad fue el parámetro con más variabilidad entre los cuatro sabores, a diferencia de las otras propiedades físicas analizadas para la caracterización de las galletas. El porcentaje de humedad más bajo lo presentó la galleta de chocolate, seguida de las galletas de pasas, maní y manzana en orden ascendente. La galleta de pasas y de maní presentaron medias más similares entre sí, que con otras de las galletas. Con respecto a la galleta de manzana, su media se encuentra muy cercana a su mediana, presentando una distribución más uniforme de sus datos, pero una variabilidad más grande que los datos de humedad de las otras galletas.

Cuadro 2. Desviación estándar de las propiedades físicas analizadas.

Galleta	Masa de la galleta horneada (g)	Diámetro dsps. de horno (cm)	Grosor dsps. de horno (cm)	Humedad de la galleta (%)
Chocolate	0.26	0.14	0.22	0.39
Pasas	0.33	0.26	0.18	0.50
Maní	0.21	0.23	0.15	0.38
Manzana	0.27	0.42	0.23	0.63

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la variabilidad de datos, se calculó también la desviación estándar. La galleta de pasas presenta mayor variabilidad de datos con respecto a la masa de la galleta. Para las demás propiedades analizadas, la galleta de manzana presentó mayor variabilidad, especialmente en la humedad.

Cuadro 3. Comparación de las medias de la galleta horneada contra los parámetros mínimos y máximos de aceptación obtenidos según RTCA.

Galleta	Masa de la galleta horneada (g)	Masa superior según RTCA (g)	Masa inferior según RTCA (g)	Cumplimiento
Chocolate	11.09	10.01	11.99	Si cumple
Pasas	11.04			Si cumple
Maní	11.03			Si cumple
Manzana	11.17			Si cumple

Fuente: Elaboración propia

A partir de la normativa RTCA, se obtuvo el valor máximo y mínimo de masa posible para cada galleta y se comparó contra las masas promedio de la galleta horneada.

Cuadro 4. Parámetros de aceptación de la inspección de la masa de la galleta húmeda.

Galleta	Masa húmeda promedio (g)	Desviación estándar (g)	Masa inferior aceptable (g)	Masa superior aceptable (g)
Chocolate	12.69	0.16	12.53	12.69
Pasas	12.56	0.26	12.30	12.56
Maní	12.47	0.19	12.28	12.47
Manzana	12.56	0.25	12.31	12.56

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta los pesos de la galleta húmeda iniciales, todas las galletas se encuentran dentro del rango establecido por la normativa, por lo que el promedio se puede establecer como un objetivo de masa antes del ingreso al horno. Se tomaron como valores

superiores e inferiores la suma y resta de la media con la desviación estándar, respectivamente.

B. Panel sensorial de aceptación y preferencia.

Cuadro 5. Evaluación de hipótesis planteadas para la diferencia de aceptación entre galletas y los atributos específicos: apariencia, textura y sabor.

Atributo	Valor-p	Hipótesis	Conclusión
Aceptación general	5.45xE-06	Sí se rechaza	Hay diferencia entre las muestras
Apariencia	0.0727	No se rechaza	No hay diferencia entre las muestras
Textura	2.02xE-07	Sí se rechaza	Hay diferencia entre las muestras
Sabor	9.09xE-05	Sí se rechaza	Hay diferencia entre las muestras

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores-p obtenidos, los cuales se compararon contra el valor $\alpha=0.05$ para rechazar o no la hipótesis planteada. Los valores p menores al parámetro α representan el rechazo de la hipótesis. Los parámetros aceptación general, textura y sabor, presentan diferencia significativa, por lo que los panelistas no percibieron de la misma forma dichos atributos.

Cuadro 6. Test de Friedman para determinación de la diferencia entre la preferencia de las cuatro galletas por parte de los consumidores

Valor T de Friedman	Valor crítico X ²	Conclusión
26.67	7.82	Si existe diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

Para un valor T de Friedman mayor al valor crítico X² (ver Anexo 52), si existe diferencia significativa entre la preferencia de las galletas por parte de los consumidores encuestados.

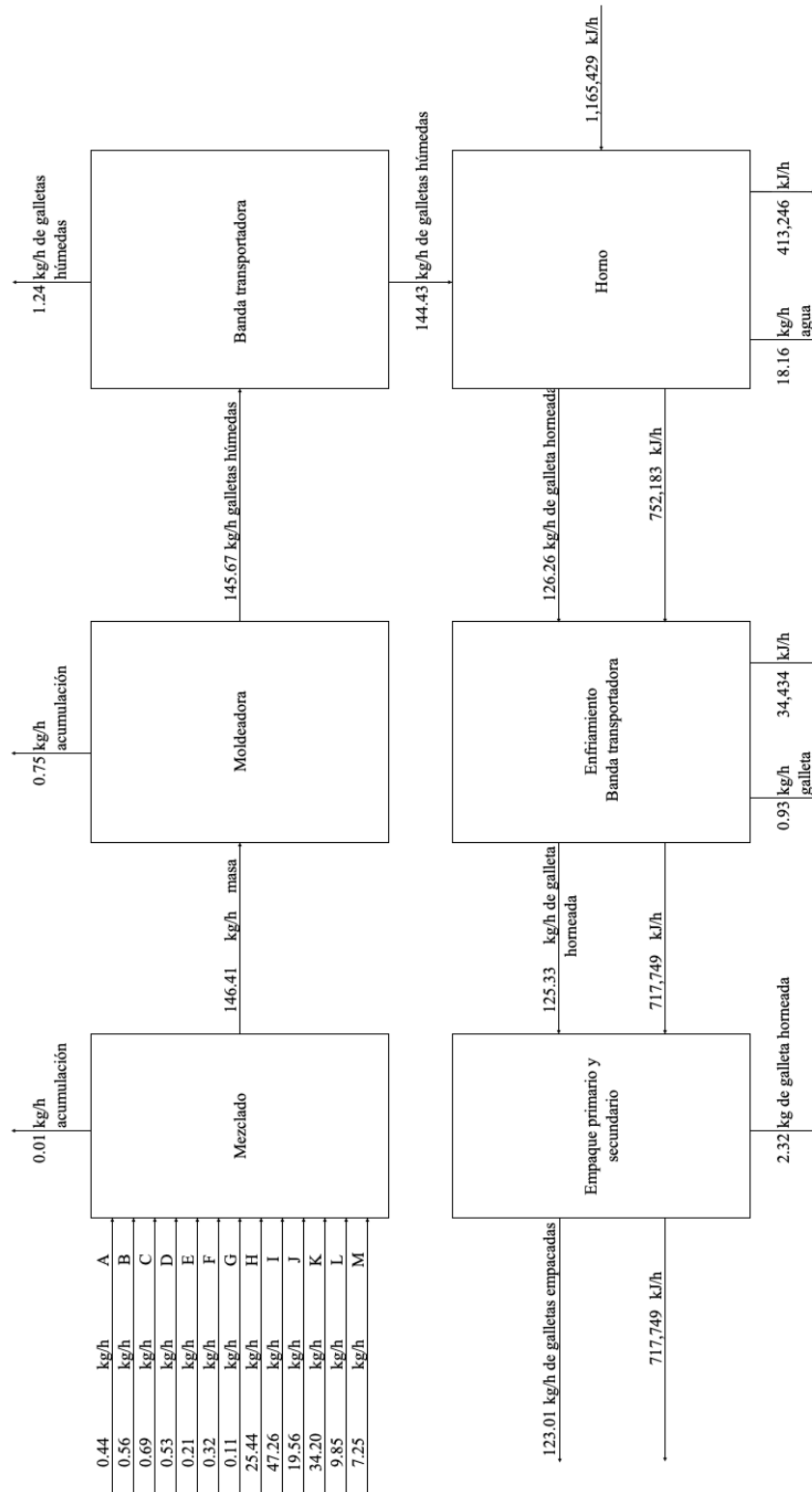
Cuadro 7. Test de Kramer para determinación de diferencia entre la preferencia entre las combinaciones posibles de galletas por parte de los consumidores.

Caso	Valor absoluto	Valor crítico	Diferencia
A – B	89	51.18	Si hay diferencia
A – C	82		Si hay diferencia
A – D	94		Si hay diferencia
B – C	7		No hay diferencia
B – D	5		No hay diferencia
C – D	12		No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

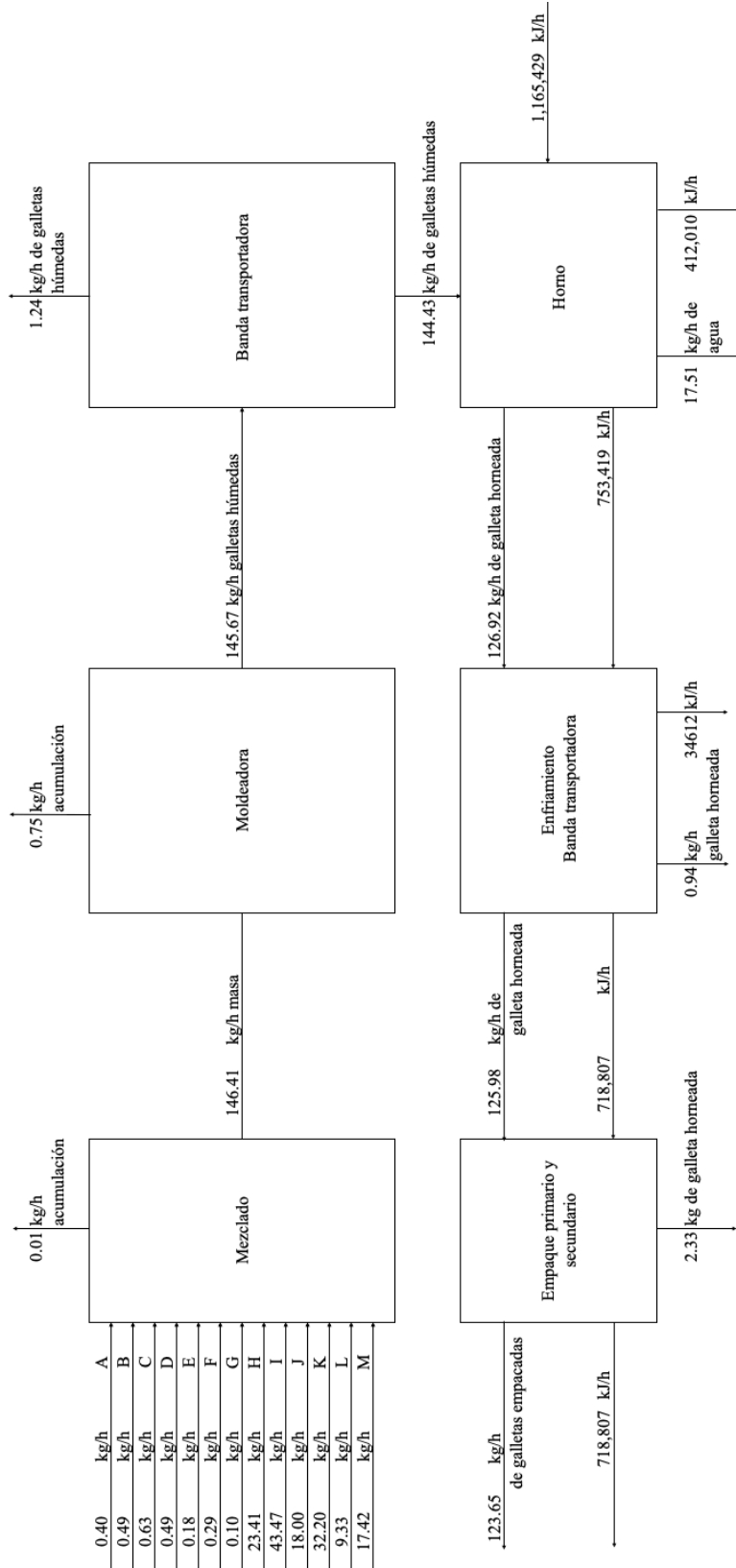
C. Balances de masa y energía

Figura 26. Balance de masa y energía para las galletas de chocolate.



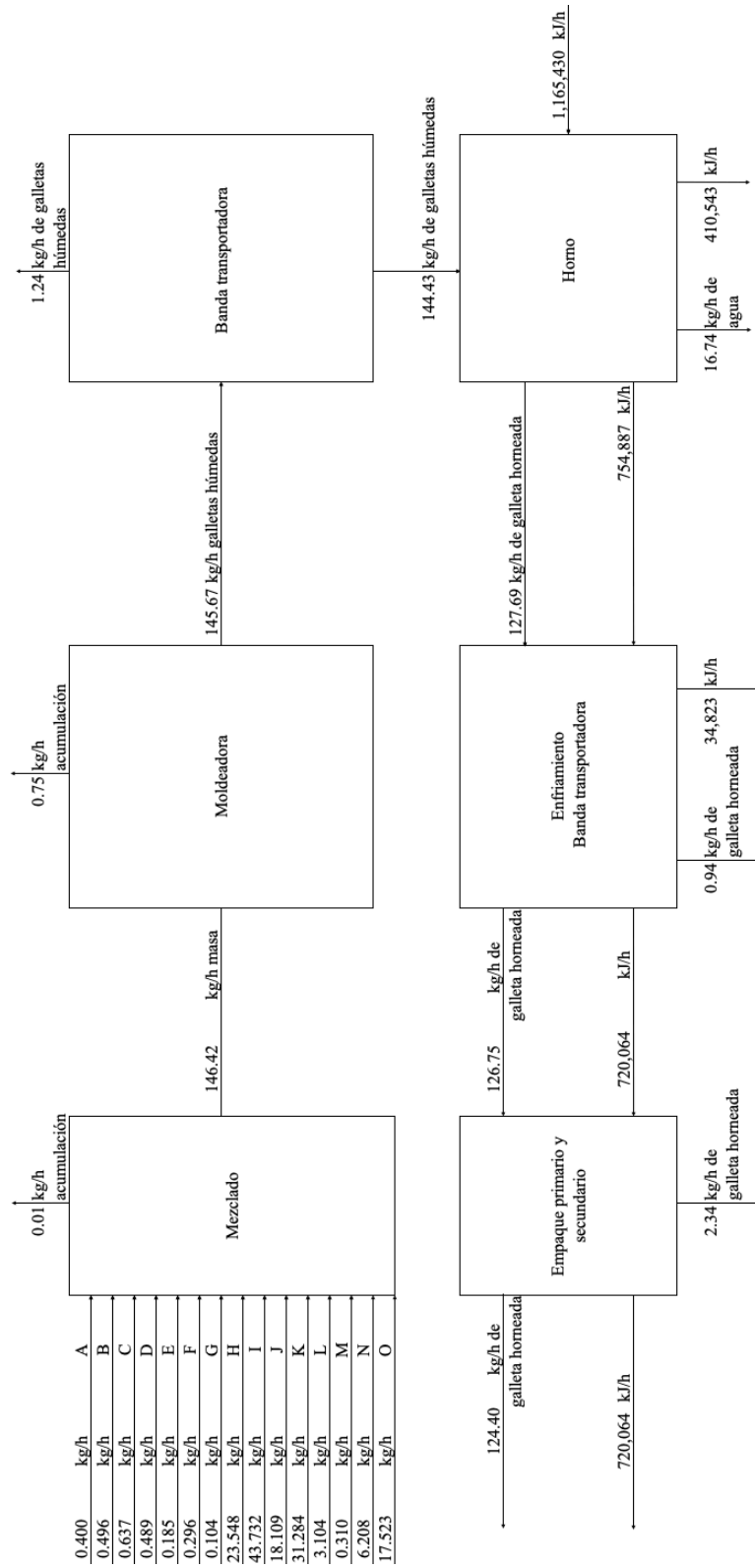
Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Balance de masa y energía para las galletas de pasas.



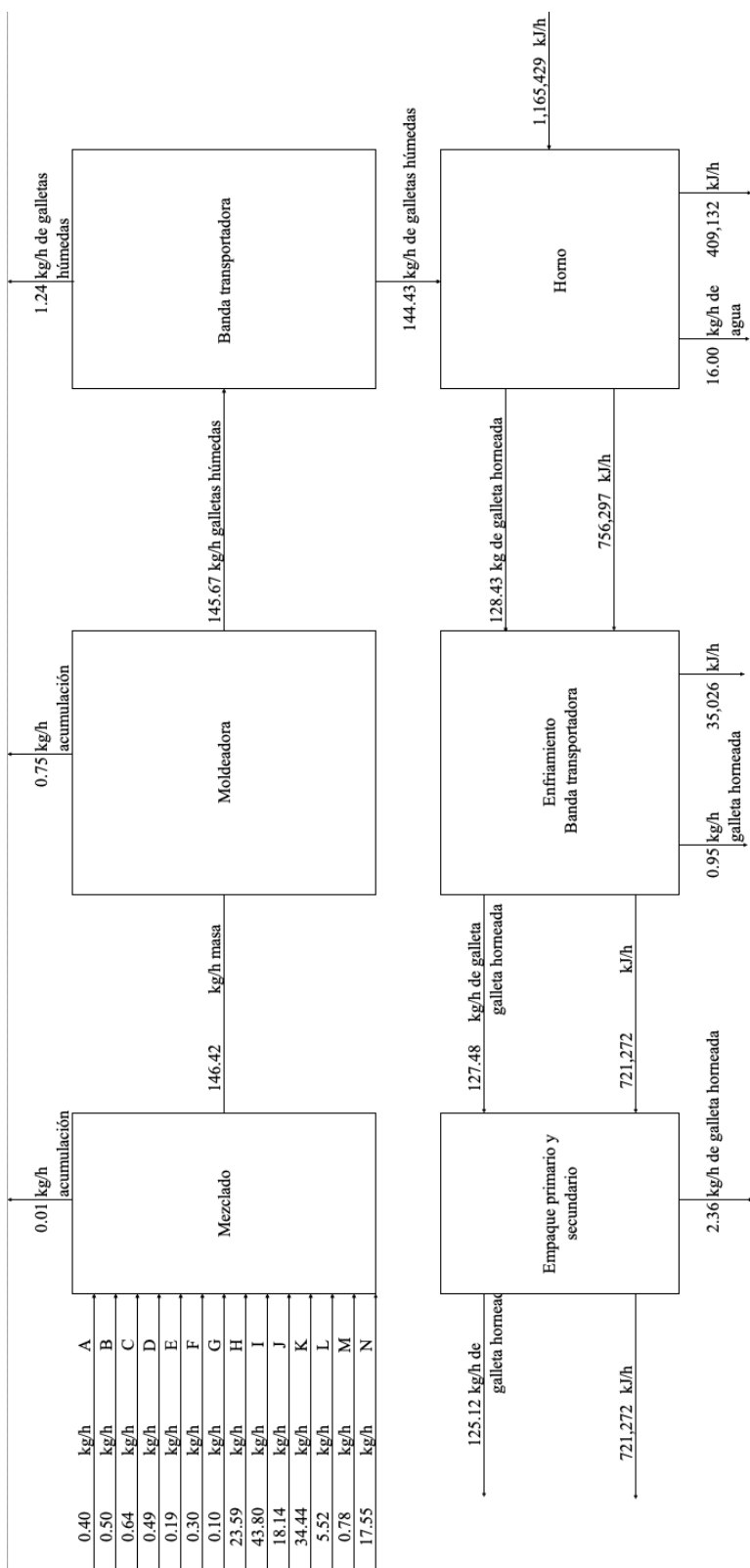
Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Balance de masa y energía para las galletas de maní.



Fuente: Elaboración propia

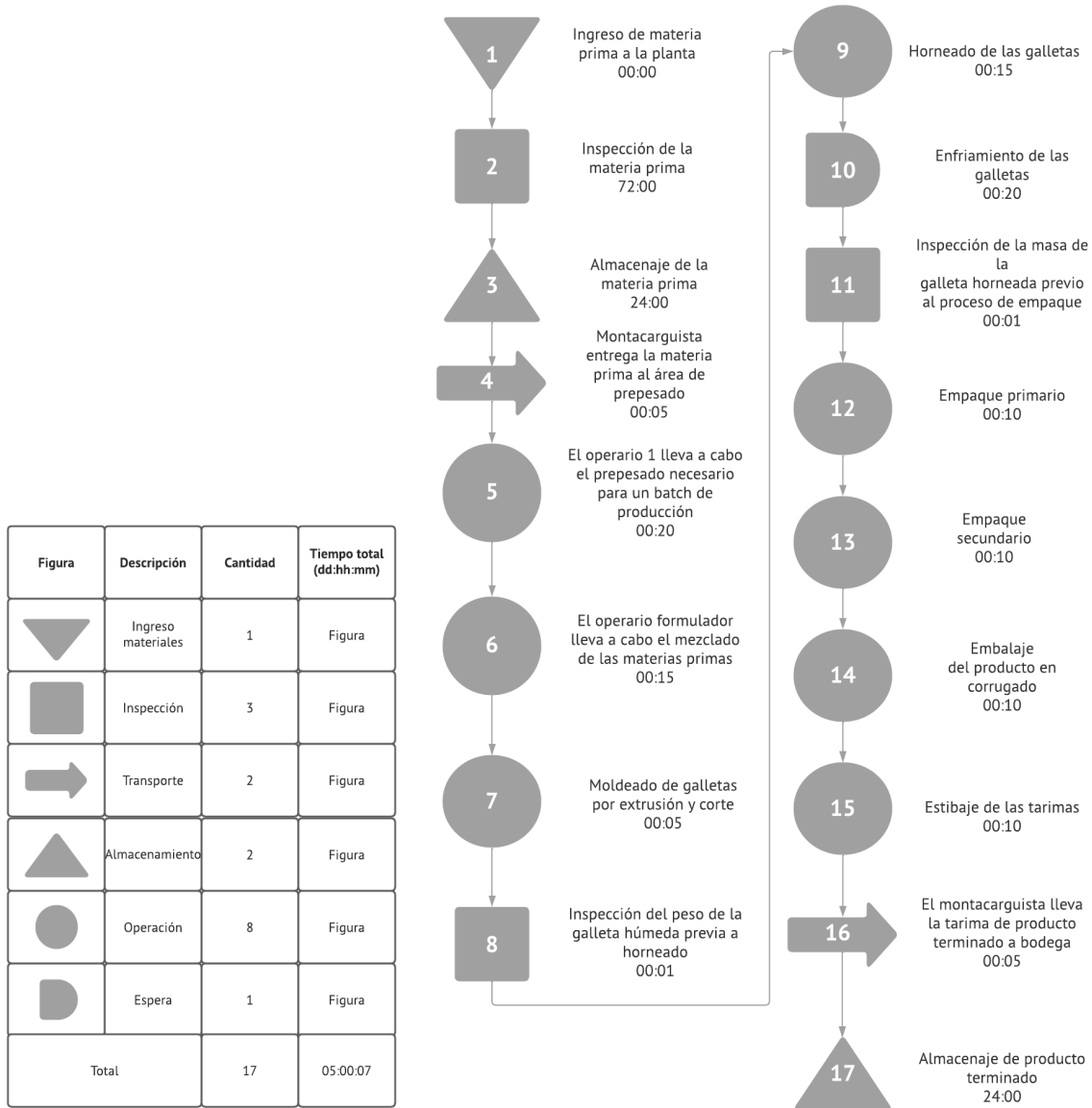
Figura 29. Balance de masa y energía para las galletas de manzana.



Fuente: Elaboración propia

D. Diagrama de operaciones

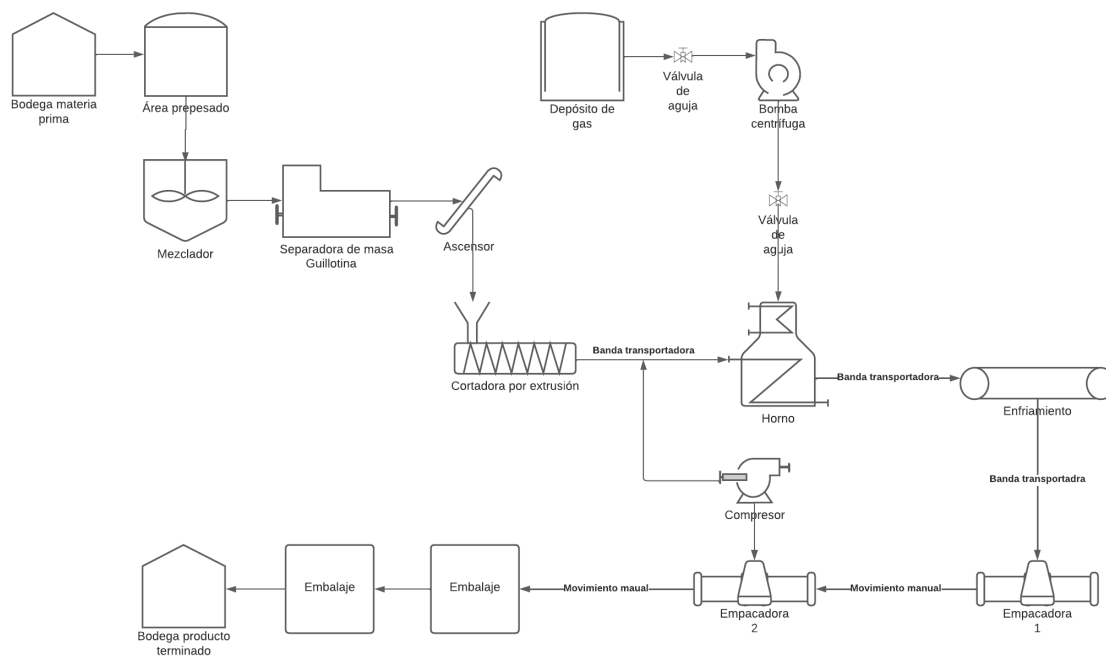
Figura 30. Diagrama de operaciones para las galletas de avena



Fuente: Elaboración propia

E. Diagrama de Flujo

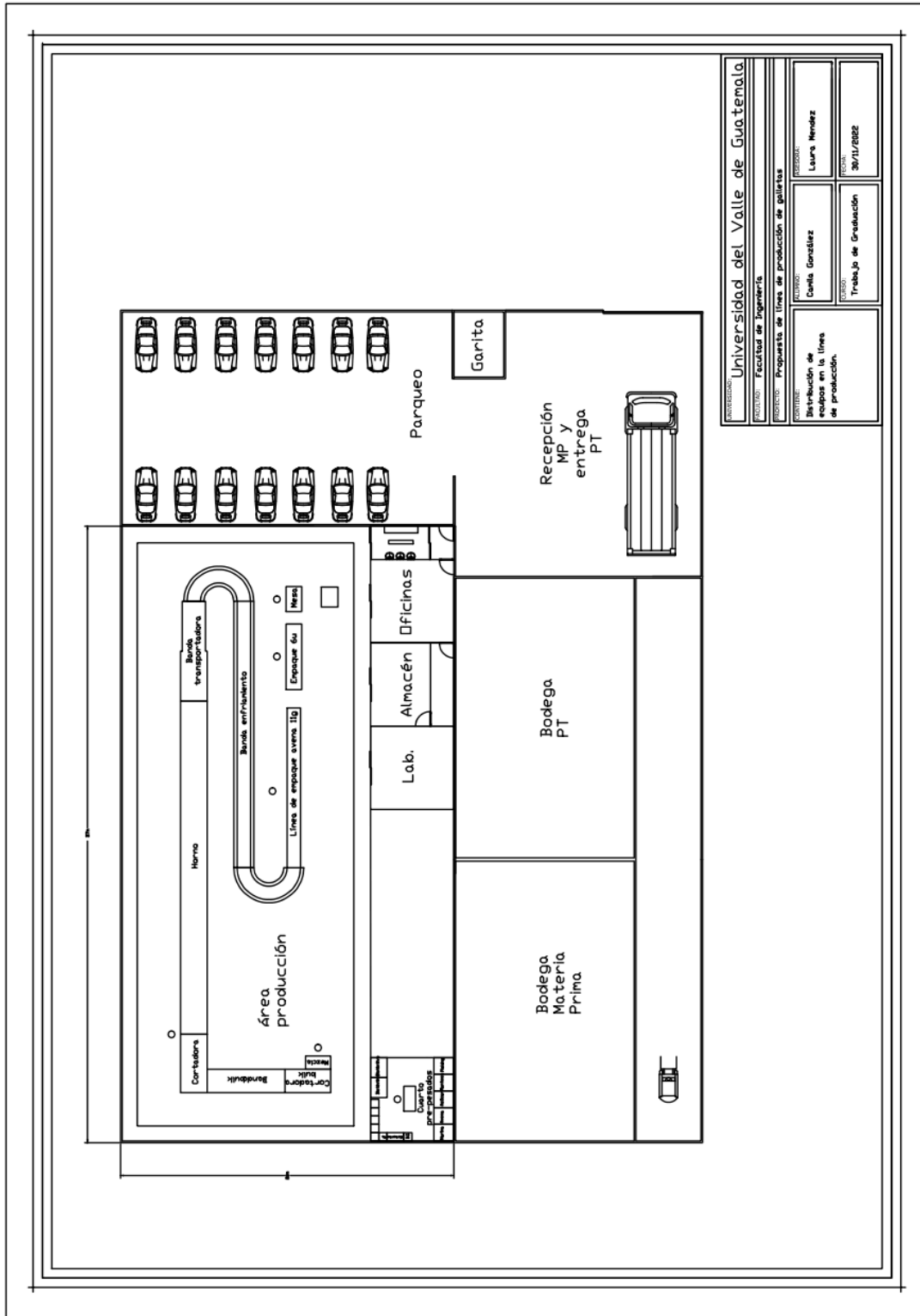
Figura 31. Diagrama de flujo de la línea de producción de galletas.



Fuente: Elaboración propia

F. Planos

Figura 32. Distribución de planta



Fuente: Elaboración propia

G. Análisis técnico económico

Cuadro 8. Costo de manufactura por unidad y ahorro asociado a su reducción.

Costo de manufactura por unidad	Ahorro anual
Q0.43	Q548,736.09

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9. Indicadores de rentabilidad de la propuesta de diseño.

Tiempo retorno de la inversión	Utilidad de socios	Retorno del capital invertido
6.25 años	Q33,947.52	15.99%

Fuente: Elaboración propia

VIII. DISCUSIÓN

Como parámetros de calidad de la empresa guatemalteca interesada en producir sus propias galletas, la masa y la humedad se obtienen de forma representativa para cada lote de producción. A pesar de que no se evaluó para cada lote las dimensiones de la galleta como diámetro y grosor, se decidió tomar en cuenta para la investigación, estas propiedades físicas. Según datos históricos, se han reportado quejas por parte del cliente debido a la falta de la uniformidad de la galleta.

La importancia de la masa de las galletas recae en la legislación normada por el RTCA. El documento RTCA 01.01.11:06: “CANTIDAD DE PRODUCTOS EN PREEMPACADOS”, que declara que para paquetes de 0 a 50 gramos, el peso debe encontrarse en un rango del $\pm 9\%$ del peso declarado del empaque. Tomando en cuenta dicho dato, se puede observar en el Cuadro 3 que todas las galletas cumplen con el peso declarado al encontrarse dentro del rango establecido por la norma. Debe tomarse en cuenta que para la obtención de estas masas finales, debe considerarse el peso húmedo promedio de la galleta húmeda para cada sabor.

Como se observa en la Figura 30, se debe hacer una inspección de la masa de la galleta húmeda en el proceso posterior al moldeado de la galleta. Esto se realiza para asegurar que después del horneado se cumpla con la masa deseada. De tal forma, las medias de las masas húmedas obtenidos para cada galleta a nivel laboratorio, presentan ser acertados como un parámetro objetivo de aceptación, considerando como parámetros superiores e inferiores la suma y diferencia entre la media y las desviaciones estándar obtenidas para estos valores (ver Cuadro 4).

A pesar de presentar valores alineados a la normativa RTCA con respecto a la masa, debe prestarse atención a la variabilidad de los datos presentados por la galleta de pasas, reflejada en la Figura 22. Esta variabilidad pudo ser causada principalmente por la presencia o ausencia del fruto seco en las galletas. Cabe mencionar que el ingrediente distintivo más pesado de las cuatro galletas es la chispa de chocolate. Sin embargo, esta sufre de deformaciones en el proceso de mezclado que atribuyen a una dispersión más uniforme de las partículas, atribuyendo más estabilidad a los datos de la masa de las galletas.

Al comparar las dimensiones de las galletas diámetro y grosor, se puede observar que el proceso de horneado no tiene influencia sobre la deformación de las galletas, al presentar todas estas medias similares como se observa en Figura 23. La variabilidad de los datos se debe principalmente a que las galletas se formularon a nivel laboratorio. Las medidas también se llevaron a cabo con puntos de referencia diferentes, es decir no todas las galletas fueron

totalmente circulares, logrando afectar directamente sobre la variabilidad de los resultados finales, ya que el diámetro variaba según el punto de medición. A pesar de esta variabilidad, las galletas mantuvieron su geometría, por lo que es inferible que el proceso de horneado no tiene influencia directa sobre la geometría de la galleta. Por tanto, debe analizarse el proceso previo al horneado, que en esta caso sería el moldeado por extrusión y corte de alambre.

La galleta de menor diámetro fue la galleta de chocolate según la media. Nuevamente, el proceso de mezclado pudo tener influencia directa sobre este parámetro al reducir el tamaño de la partícula y por tanto no presentar desviaciones en el diámetro por la partícula o ingrediente distintivo específicamente, que pudo ser el caso opuesto a las galletas de manzana y pasas cuyos ingredientes distintivos presentan más resistencia a la deformación causada por el mezclado. Este caso no aplica directamente con la galleta de maní, ya que este ingrediente puede deformarse con mayor facilidad que las pasas o las manzanas deshidratadas. Con respecto al grosor, se puede inferir el mismo efecto de los ingredientes distintivos sobre la dimensión analizada, al presentar nuevamente la galleta de chocolate la menor media y variabilidad de datos (ver Figura 24).

Con respecto a la humedad, todas las galletas presentaron datos muy alejados entre sí. Esto es de esperarse debido a que dependiendo de la galleta cambian los ingredientes y por tanto su porcentaje de humedad inicial. Además hay varias características de un material que influyen en la tasa de evaporación, siendo algunas de estas: las fuerzas intermoleculares, área superficial, concentración de la sustancia a evaporar, temperatura inicial del material. En el caso de la manzana, que se agregan más de un ingredientes distintivos, puede inferirse que el contenido de humedad de estos son mayores que el contenido de humedad de los ingredientes distintivos de las otras galletas, presentando así mayor humedad que las otras galletas ya horneadas.

La galleta de maní tiene tres ingredientes distintivos. Sin embargo presenta menor humedad que la galleta de pasas que solo tiene un ingrediente diferente a las demás. Esto podría deberse a que la humedad total inicial de la galleta de maní puede ser menor, al tener bajos porcentajes de humedad cada uno de sus ingredientes adicionales. Por otro lado, la galleta de pasas puede presentar más humedad ya que su ingrediente distintivo tiene un mayor contenido del parámetro individual. De tal forma, la galleta de maní requeriría menos calor para eliminar la humedad de la galleta. Con respecto al chocolate, nuevamente se puede analizar la influencia del mezclado, al reducir el área superficial de las chispas, requiriendo así menos calor para evaporar la humedad.

Con el fin de determinar la aceptabilidad de la galleta y sus atributos principales: sabor, textura y apariencia se corrió el panel sensorial de aceptación, donde se planteó para todos los atributos la siguiente hipótesis nula: “Las medias de las muestras son iguales”. En lo que respecta aceptación general, textura y sabor, los consumidores si perciben una

diferencia significativa entre las galletas. Para el atributo sabor, era de esperarse una diferencia significativa, ya que cada galleta presenta un ingrediente distintivo que le atribuye su sabor. Por tanto, también se logra entender el rechazo de la hipótesis para la aceptación general, ya que los consumidores pueden presentar preferencias hacia un ingrediente distintivo en específico.

Sin embargo los consumidores perciben una diferencia significativa en lo que respecta textura. Como se evaluó en el análisis de las propiedades fisicoquímicas, la humedad, que tiene influencia directa sobre la textura, fue la propiedad física que más presentó variabilidad entre galletas. A pesar de esto, los parámetros sensoriales como textura de una galleta, deben tratar de mantenerse para todas las galletas iguales. De tal forma, se debería reevaluar el tiempo de horneado para las galletas con mayor humedad, para presentar menos variabilidad de textura entre galletas. Con respecto a la apariencia, los consumidores no percibieron ningún tipo de diferencia significativa entre galletas, por lo que puede inferirse que a pesar de cambiar los ingredientes distintivos de las galletas, no se logrará percibir una diferencia significativa entre la apariencia de las galletas.

Con respecto a la preferencia o “ranking” de las cuatro galletas. Se determinó por medio del parámetro T de Friedman, que si existe diferencia significativa entre la preferencia de todas las galletas. Para conocer específicamente donde se encuentra la diferencia de preferencia de las galletas, se realizó la prueba de Kramer entre todas las combinaciones posibles de las cuatro galletas. De tal forma, se determinó que si existe diferencia significativa entre la preferencia de galleta de chocolate ante las demás galletas, siendo la más aceptada, la galleta de chocolate. Por otro lado, la diferencia de preferencia entre las otras tres galletas, no presentó diferencia significativa, por lo que se infiere que si el consumidor tuviera que elegir entre las tres galletas, no tendría problema con seleccionar cualquiera de las tres. Sin embargo, si se presenta la galleta de chocolate, el consumidor seleccionaría esta antes que las demás.

Existen varias oportunidades de mejora para la inocuidad en el proceso actual. La nueva línea de producción propone una reducción del contacto directo entre el operador y la masa o producto terminado. Como se describe en la sección de antecedentes, para ingresar la masa húmeda a la cortadora, se debe tocar con las manos y depositarla en la tolva. A niveles altos de humedad, la proliferación de microorganismos es mucho más probable, por lo que al tocar la masa directa con la mano, se puede aumentar la probabilidad de generar el crecimiento de microorganismos y por tanto no cumplir con los parámetros de calidad. De tal forma, la nueva línea propone una nueva forma de transporte de la masa húmeda a la tolva de la cortadora. El sistema consiste en la inclinación de la compuerta del mezclador, para arrojar la masa a una banda transportadora que contiene una guillotina para facilitar la alimentación (ver Figuras 5 y 6).

Otro punto de contacto entre operador y producto terminado, es en el proceso de empaque primario. Actualmente se colocan de forma manual las cuatro galletas en la banda transportadora de la “flow pack”. La nueva propuesta de línea pretende eliminar ese contacto por medio de una línea automática de empaque primario. El sistema funciona por medio del manejo automático de las galletas posterior a la banda de enfriamiento y las galletas se dividen en dos carriles (inferior y superior) para conseguir el arreglo deseado de las galletas dentro del empaque. Este sistema se describe de forma más detallada por las Figuras 18 y 19.

A partir de datos históricos, se calcularon dentro del balance de masa las posibles pérdidas entre cada maquinaria. Al realizar los respectivos balances, se lograron identificar algunos puntos de mejora dentro de la operación. Las pérdidas se dan principalmente por la merma de galleta quebrada en el proceso de empaque. A pesar de que se consideraron las pérdidas de la línea de producción actual, que se dan principalmente por la longevidad de los equipos, la nueva línea de producción podría implicar una mejor eficiencia del proceso, al tener máquinas de empaque modernas y ajustadas específicas al requerimiento de la empresa, a diferencia de las máquinas del maquilador, que deben ajustarse y ser versátiles para todos sus clientes.

Por otro lado, se consideran las pérdidas de la banda transportadora previo al horno. Actualmente el proceso, tiene una banda transportadora de malla de acero inoxidable, donde gran parte de la masa se pierde debido a que se va por los agujeros de la malla. Considerando el cambio de la línea, la banda propuesta, no presenta agujeros, por lo que se podría hacer una reducción de la pérdida en la banda transportadora. Siempre es inevitable la pérdida en la banda al pasar al horno. Sin embargo, se podría insertar un recipiente debajo de la banda, para recolectar la masa y nuevamente ingresarla al proceso de moldeado.

Con respecto a la selección del molde, se seleccionó un molde por extrusión con corte de alambre. A pesar de la falta de uniformidad que este tipo de moldeado puede causar, como se comprobó al caracterizar la galleta, se considera necesario debido a la percepción del consumidor sobre las galletas de avena con superficie rugosa. Sin embargo, este tipo de uniformidades pueden ser causadas principalmente por la distribución de los ingredientes distintivos como las chispas, pasas, maní o manzana. Actualmente la galleta de pasas es la que menos uniformidad presenta, debido a que el alambre no logra llevar a cabo el corte del fruto seco. De tal manera para la línea, se debería considerar agregar el fruto seco con un diámetro de partícula menor para que no cause el mismo problema en la línea propuesta.

El horno seleccionado es un horno de gas directo, que utiliza gas natural como combustible debido a la inocuidad. Dentro de las propuestas de los proveedores, se evaluó también un horno eléctrico. Sin embargo, los costos por consumo de energía eléctrica ascendían de tal forma, que el proyecto ya no se presentaba viable para la empresa guatemalteca.

La planta requiere una acometida trifásica, tomando en cuenta que los equipos a adquirir requieren 480V para su funcionamiento. La selección de estos equipos con esta especificación aporta una economía en el consumo mensual de energía eléctrica. Esta planta ya cuenta con esta acometida, por lo que no se requiere invertir en dicha instalación. Sin embargo, se debe evaluar si es necesaria la ampliación de la capacidad de los transformadores actuales. De ser esta requerida, se debe solicitar el servicio a la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A.

Por otro lado, para asegurar parámetros de operación estándar es recomendable llevar a cabo la instalación de un sistema de ventilación. La instalación de este sistema permitirá mantener tiempos y temperaturas de horneado para cada una de las galletas después de su validación a nivel industrial. Esto no solamente permitirá un tiempo de horneado estándar sino también un tiempo de enfriado más estable para asegurar un tiempo de operación más uniforme para el área de planeación de producción.

Tomando en cuenta un costo de manufactura para las galletes propuesto de Q0.43 (*Cuadro 8*) se obtiene un ahorro de Q548,736.09 anual. La reducción de costo, viene principalmente por la reducción de transporte necesario para distribuir las galletas. Actualmente, la empresa debe subcontratar un transporte que lleva la materia prima avena, desde sus bodegas a la fábrica del maquilador. De igual forma, debe transportar el producto terminado a su centro de distribución. La producción propia elimina esos costos de transporte, ya que tanto la materia prima como el producto terminado se estaría almacenando en las bodegas de la fábrica propia y desde ahí se llevaría a cabo la distribución del producto listo para la venta. Otro punto de ahorro fue la reducción de personal. A pesar de que los salarios varían entre empresas, la línea propuesta presenta mucha más automatización, por lo que el personal necesario se reduce a tal punto que se logra apreciar una diferencia en el costo de manufactura.

Los ahorros que implica la nueva línea de producción dan resultado a un período de retorno de inversión de 6.25 años, para dar un indicador de retorno de capital invertido del 15.99%. Todo esto genera una utilidad de socios de Q33,947.52 anuales. Sin embargo, debe considerarse que esta línea está diseñada para las galletas que cumplan con los requerimientos de la fórmula. Además de hacer galletas de avena, se puede hacer cualquier tipo de galleta de trigo que quiera moldearse por medio de corte de alambre, dándole esa superficie rugosa característica de las galletas de avena. En caso se quisiera trabajar otro tipo de galletas, debe trabajarse nuevamente el análisis económico.

IX. CONCLUSIONES

1. Las medias de las masas posterior al horneado de los cuatro sabores de galletas se encuentran dentro del rango establecido de masa por la normativa RTCA. La falta de uniformidad en la geometría de las galletas no se ve afectada por el proceso de horneado, sino se debe principalmente al proceso de moldeado por corte de alambre. La galleta con más humedad es la galleta de manzana, debido a la humedad inicial que le atribuyen sus ingredientes distintivos, mientras que la galleta de chocolate es la que menor humedad presenta, al tener un área superficial menor que los otros ingredientes distintivos. El consumidor percibe diferencia significativa para los atributos sabor y textura de las cuatro galletas, así como aceptación general; mientras que no identifica diferencia entre la apariencia de cada una de las galletas. La galleta de chocolate es la preferida para los consumidores encuestados.
2. El proceso de producción de galletas de avena consiste en las operaciones principales de prepesado, mezclado, moldeado, horneado, enfriamiento y empaque. La línea de producción de galletas de avena propuesta presenta una oportunidad de mejora en la reducción de incidentes de calidad por falta de inocuidad, agregando una banda transportadora para alimentar la masa al molde y una línea automática de empaque entre la banda de enfriamiento y el proceso de empaque primario, disminuyendo también la merma por galleta quebrada.
3. La línea de producción seleccionada presenta un costo de manufactura de Q0.43 por unidad generando un ahorro anual de Q548,736.09; este ahorro presenta un PRI de 6.25 años, una utilidad de socios de Q33,947.52 anuales y un retorno de inversión del capital invertido del 15.99%.

X. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar como parámetro objetivo de inspección la media de la masa de la galleta húmeda y ampliar el rango por medio de la suma y resta de la desviación estándar para los para los parámetros de aceptación inferiores y superiores, respectivamente.
2. Solicitar un cambio de diámetro de partícula promedio a los proveedores de los ingredientes distintivos para facilitar el corte por alambre de los mismos para evitar la falta de uniformidad en la geometría de las galletas.
3. Evaluar nuevamente el tiempo de horneado para cada una de las galletas para que no exista una diferencia perceptible de la textura entre todas las galletas.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Aire Limpio Global. (2021). Ventilación. Obtenido de: <https://airelimpioglobal.com/como-disenar-un-sistema-de-ventilacion/>
- Almond, Noel. 1989. *Biscuits, Cookies and Crackers*. 2ª ed. Barking: Elsevier Science Publishers Ltd. 341 págs.
- Anderson, David; D. Sweeney y T. Williams. 2012. *Estadística para Negocios y Economía*. 11ª ed. México: Cengage Learning. 792 págs.
- Aparicio Vizuite, Aránzazu. y R. Ortega. 2016. «Efectos del consumo del beta-glucano de la avena sobre el colesterol sanguíneo: una revisión». *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(2), 127-139.
- En Alimentos. (2021). Se prevé que mercado global de snacks saludables alcance los 34,950 mdd en 2028. Obtenido de En Alimentos: <https://enalimentos.lat/noticias/5640-se-preve-que-mercado-global-de-snacks-saludables-alcance-los-34-950-mdd-en-2028.html#:~:text=Con%20base%20en%20datos%20del,pron%C3%B3stico%20de%202022%20a%202028.>
- BTSA. El proceso de oxidación de las grasas. Obtenido de BTSA.: <https://www.btsa.com/el-proceso-de-oxidacion-de-los-lipidos/>
- Çengel, Yunus y M. Boles. 1999. *TERMODINAMICA*. 1ª ed. México: McGraw-Hill, 997 páginas.
- Chacón-Orduz, Gabriel, A. Muñoz-Rincón y G. Quiñonez-Mosquera. 2017. «Descripción del mercado de los snacks saludables en Villavicencio, Meta» *Revista Libre Empresa*, 14(2), 33-45.
- Censo Poblacional. (2018). Población guatemalteca. Obtenido de Censo Poblacional: <https://www.censopoblacion.gt/censo2018/poblacion.php>
- Curiosfera. (2021). Historia de las galletas: origen y evolución. Extraído de Curiosfera: <https://curiosfera-historia.com/historia-de-las-galletas/>
- Davidson, Iain. 2016. *Biscuit and Baking Technology*, 2ª ed. Londres: Academic Press, 348 págs.
- Davidson, Iain. 2019. *Biscuit, Cookie and Cracker Production*. Londres: Elsevier Inc., 244 págs.

- Guangzhou Mingke Packaging Machine Co., Ltd. Bolsas tipo almohada. Obtenido de Guangzhou Mingke Packaging Machine Co: <http://mkpackagingmachines.com/flow-pack-wrapping.html>
- Katz, D.L. (2001). A Scientific Review of the Health Benefits of Oats. Yale University School of Medicine, Oklahoma. Obtenido de Cite Seerx: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.512.7310&rep=rep1&type=pdf>
- Lawless, Harry y H. Heymann, H. 1998. *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. Nueva York: Chapman & Hall. 619 págs.
- Lawless Harry y D. Stevens. 2004. *Sensory Workshops. Applied Statistics Workshop*. Nueva York: Cornell University. Institute of Food Science. 256 págs.
- LIDERPAC. (2021). ¿Qué es el flowpack?. Obtenido de LIDERPAC: <https://liderpac.es/flow-pack/>
- Manley, Duncan. 1996. *Technology of Biscuits, Crackers and Cookies*, 2ª ed. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. 632 págs.
- Meilgaard, Morten, G.V. Civille, T. Carr. 2007. *Sensory evaluation techniques*. 4ª ed. Boca Raton: CRC Press.
- Mordor Intelligence. (2021). Mercado de galletas: Crecimiento, tendencias, impacto de COVID-19 y pronósticos (2022-2027). Obtenido de Mordor Intelligence: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/cookies-market>
- Pérez. G. Evaporación. Obtenido de Ciclo Hidrológico. <https://www.ciclohidrologico.com/evaporacin>
- Reyna, M. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Lima, Perú. Obtenido de Harvest Plus: <https://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>
- RTCA. (2006). CANTIDAD DE PRODUCTOS PREEMPACADOS. Obtenido de Mineco: https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/rtca_de_preempacados_comieco_291-2012.pdf
- RTCA. (2006). INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y BEBIDAS PROCESADOS. BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA. PRINCIPIOS GENERALES. Obtenido de Mineco: https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/buenas_practicas_de_manufactura_de_alimentos_1.pdf

- School of Public Health. (2021). *Oats*. Obtenido de Harvard School of Public Health: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/food-features/oats/>
- Sistemas de ventilación SLU. (2022). Sistemas de ventilación: tipos y principales características. Obtenido de Soler Palau: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sistemas-ventilacion/>
- UGAP. (2013). *Estudio de niveles socioeconómicos de Guatemala*. Obtenido de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=-bxBfmhhmbU>
- Velásquez, Lía; V. Aredo; Y. Caipo y E. Paredes. 2014. «Optimización por diseño de mezclas de la aceptabilidad de una galleta enriquecida con quinua (*Chenopodium quinoa*), soya (*Glycine max*) y cacao (*Theobroma cacao L.*)». *Agroindustrial Science*, 4(1), 35-42.

XII. ANEXOS

A. Datos originales

1. Caracterización de las galletas

Anexo 1. Datos originales de las galletas de chocolate.

Chocolate									
Masa antes de horno (g)	Masa dsps. de horno (g)	Diferencia de masa (g)	Diámetro antes de horno (cm)	Grosor antes de horno (cm)	Diámetro dsps. de horno (cm)	Grosor dsps. de horno (cm)	Diferencia diámetro (cm)	Diferencia grosor (cm)	Humedad después del horno (%)
12.40	10.61	1.79	4.70	0.75	5.00	1.03	0.30	0.28	3.70
12.75	10.94	1.81	4.50	0.68	5.30	0.90	0.80	0.22	3.10
12.80	10.95	1.85	4.00	0.82	5.30	1.30	1.30	0.48	3.60
12.80	10.96	1.84	4.80	0.56	5.30	0.84	0.50	0.28	3.00
12.82	11.05	1.77	5.00	0.59	5.30	0.89	0.30	0.30	3.90
12.97	11.07	1.90	4.70	0.63	5.30	0.87	0.60	0.24	3.00
12.52	10.89	1.63	4.70	0.75	5.00	0.96	0.30	0.21	3.01
12.54	10.96	1.58	4.60	0.64	5.30	1.40	0.70	0.76	4.00
12.56	11.00	1.56	4.50	0.58	5.00	0.93	0.50	0.35	3.56
12.65	11.06	1.59	4.60	0.73	5.00	1.23	0.40	0.50	3.90
12.72	11.08	1.64	4.70	0.57	5.00	1.05	0.30	0.48	3.70
12.75	11.08	1.67	4.60	0.56	5.20	0.70	0.60	0.14	2.80
12.77	11.19	1.58	4.90	0.64	5.10	0.82	0.20	0.18	3.80
12.44	11.24	1.20	4.80	0.59	5.00	0.73	0.20	0.14	3.00
12.45	11.25	1.20	4.60	0.68	5.00	0.91	0.40	0.23	3.35
12.49	11.26	1.23	4.80	0.75	5.00	1.03	0.20	0.28	3.90
12.55	11.32	1.23	4.50	0.84	5.10	1.23	0.60	0.39	3.44
12.60	11.33	1.27	4.50	0.58	5.20	0.79	0.70	0.21	4.09
12.69	11.41	1.28	4.80	0.67	5.40	0.84	0.60	0.17	3.00
12.73	10.79	1.94	4.80	0.76	5.00	0.96	0.20	0.20	3.20
12.75	10.90	1.85	5.00	0.81	5.00	1.40	0.00	0.59	3.10
12.80	10.93	1.87	4.50	0.71	5.00	1.00	0.50	0.29	3.70
12.85	11.03	1.82	5.00	0.85	5.30	1.40	0.30	0.55	3.50
12.86	11.05	1.81	4.50	0.64	5.00	0.82	0.50	0.18	3.00
12.99	12.00	0.99	4.60	0.84	5.10	1.30	0.50	0.46	3.60

Anexo 2. Datos originales de las galletas de pasas.

Pasas									
Masa antes de horno (g)	Masa dsps. de horno (g)	Diferencia de masa (g)	Diámetro antes de horno (cm)	Grosor antes de horno (cm)	Diámetro dsps. de horno (cm)	Grosor dsps. de horno (cm)	Diferencia diámetro (cm)	Diferencia grosor (cm)	Humedad después del horno (%)
12.36	10.72	1.64	4.80	0.84	5.20	1.20	0.40	0.36	5.20
12.37	10.75	1.62	4.80	0.72	5.30	1.00	0.50	0.28	4.80
12.40	10.77	1.63	5.30	0.68	5.60	0.92	0.30	0.24	4.20
12.42	10.84	1.58	4.30	0.59	4.80	0.89	0.50	0.30	5.20
12.46	10.87	1.59	5.10	0.48	5.50	0.78	0.40	0.30	4.70
12.55	10.92	1.63	5.00	0.67	5.40	0.98	0.40	0.31	4.80
12.92	11.30	1.62	5.20	0.90	5.60	1.50	0.40	0.60	4.20
12.09	10.68	1.41	4.80	0.81	5.00	1.30	0.20	0.49	4.10
12.41	10.75	1.66	4.90	0.78	5.00	1.20	0.10	0.42	4.20
12.59	10.84	1.75	5.40	0.70	5.60	1.10	0.20	0.40	4.00
12.67	11.00	1.67	4.70	0.68	5.20	1.00	0.50	0.32	5.00
12.68	11.00	1.68	5.00	0.85	5.10	1.24	0.10	0.39	4.10
12.90	11.26	1.64	4.90	0.58	5.40	0.80	0.50	0.22	5.20
12.95	11.36	1.59	4.80	0.57	5.30	0.92	0.50	0.35	4.01
12.11	10.60	1.51	4.70	0.69	5.00	0.98	0.30	0.29	3.70
12.16	10.61	1.55	4.50	0.53	5.00	0.89	0.50	0.36	5.10
12.37	10.79	1.58	5.10	0.66	5.40	0.97	0.30	0.31	4.20
12.50	10.93	1.57	4.80	0.50	5.00	0.90	0.20	0.40	3.80
12.80	11.25	1.55	4.70	0.62	5.20	1.10	0.50	0.48	5.00
12.89	11.30	1.59	5.00	0.74	5.50	1.24	0.50	0.50	4.60
12.95	11.41	1.54	5.30	0.55	5.70	0.99	0.40	0.44	4.00
12.52	11.35	1.17	4.80	0.73	5.20	1.31	0.40	0.58	3.80
12.54	11.36	1.18	5.20	0.80	5.80	1.23	0.60	0.43	4.60
12.56	11.44	1.12	4.90	0.59	5.10	0.97	0.20	0.38	4.70
12.94	11.92	1.02	4.60	0.89	5.20	1.30	0.60	0.41	5.10

Anexo 3. Datos originales de las galletas de maní

Maní									
Masa antes de horno (g)	Masa dsps. de horno (g)	Diferencia de masa (g)	Diámetro antes de horno (cm)	Grosor antes de horno (cm)	Diámetro dsps. de horno (cm)	Grosor dsps. de horno (cm)	Diferencia diámetro (cm)	Diferencia grosor (cm)	Humedad después del horno (%)
12.23	10.57	1.66	4.50	0.90	5.10	1.20	0.60	0.30	4.10
12.25	10.75	1.50	5.10	0.78	5.30	1.00	0.20	0.22	4.20
12.34	10.91	1.43	5.00	0.69	5.50	0.90	0.50	0.21	4.60
12.49	11.00	1.49	4.90	0.58	5.10	0.80	0.20	0.22	4.00
12.53	11.03	1.50	4.80	0.62	5.20	0.94	0.40	0.32	3.90
12.66	11.41	1.25	4.70	0.59	5.00	0.91	0.30	0.32	4.90
12.10	10.90	1.20	5.10	0.57	5.40	0.93	0.30	0.36	4.00
12.12	10.96	1.16	4.80	0.64	5.00	1.00	0.20	0.36	4.90
12.39	11.05	1.34	4.70	0.70	5.20	1.10	0.50	0.40	4.80
12.44	11.06	1.38	5.00	0.81	5.40	1.40	0.40	0.59	4.40
12.45	11.06	1.39	4.70	0.80	5.10	1.20	0.40	0.40	4.20
12.59	11.18	1.41	4.80	0.74	5.30	1.00	0.50	0.26	5.10
12.35	10.68	1.67	4.90	0.70	5.30	0.99	0.40	0.29	4.90
12.38	10.69	1.69	5.00	0.69	5.60	0.98	0.60	0.29	4.70
12.39	10.90	1.49	5.30	0.68	5.70	0.89	0.40	0.21	3.80
12.48	10.92	1.56	5.20	0.72	5.60	1.00	0.40	0.28	4.40
12.59	10.96	1.63	4.90	0.71	5.10	1.10	0.20	0.39	4.30
12.64	11.14	1.50	4.40	0.89	5.00	1.20	0.60	0.31	4.10
12.46	11.11	1.35	4.50	0.79	5.60	1.15	1.10	0.36	4.50
12.48	11.14	1.34	4.60	0.71	5.30	1.04	0.70	0.33	3.90
12.50	11.17	1.33	4.70	0.82	5.00	1.24	0.30	0.42	4.10
12.55	11.18	1.37	4.90	0.64	5.40	0.98	0.50	0.34	4.20
12.72	11.20	1.52	5.00	0.78	5.60	1.13	0.60	0.35	3.80
12.89	11.29	1.60	5.20	0.59	5.70	0.87	0.50	0.28	4.00
12.78	11.40	1.38	5.00	0.43	5.20	0.78	0.20	0.35	4.40

Anexo 4. Datos originales de las galletas de chocolate.

Manzana									
Masa antes de horno (g)	Masa dsps. de horno (g)	Diferencia de masa (g)	Diámetro antes de horno (cm)	Grosor antes de horno (cm)	Diámetro dsps. de horno (cm)	Grosor dsps. de horno (cm)	Diferencia diámetro (cm)	Diferencia grosor (cm)	Humedad después del horno (%)
12.39	10.84	1.55	5.00	0.98	5.20	1.40	0.20	0.42	4.50
12.44	10.87	1.57	4.90	0.70	5.30	1.00	0.40	0.30	5.00
12.55	11.00	1.55	4.70	0.79	5.00	1.10	0.30	0.31	4.30
12.55	11.05	1.50	4.30	0.68	4.90	0.99	0.60	0.31	6.10
12.61	11.06	1.55	4.90	0.67	5.10	0.94	0.20	0.27	5.30
12.65	11.09	1.56	5.50	0.79	6.00	1.23	0.50	0.44	5.70
12.73	11.16	1.57	5.60	0.72	5.80	0.96	0.20	0.24	4.20
11.63	10.31	1.32	6.00	0.81	6.40	1.12	0.40	0.31	6.00
12.38	10.92	1.46	4.80	0.80	5.20	1.24	0.40	0.44	6.30
12.38	10.95	1.43	5.10	0.75	5.50	0.98	0.40	0.23	4.90
12.70	11.31	1.39	4.70	0.68	5.00	0.96	0.30	0.28	5.60
12.78	11.34	1.44	4.50	0.69	4.90	1.00	0.40	0.31	5.40
12.81	11.35	1.46	4.40	0.68	4.70	0.97	0.30	0.29	4.70
12.82	11.43	1.39	5.10	0.90	5.30	1.30	0.20	0.40	4.50
12.95	11.53	1.42	4.30	1.00	4.60	1.60	0.30	0.60	5.10
12.33	11.12	1.21	4.20	0.71	4.50	1.12	0.30	0.41	4.90
12.47	11.15	1.32	4.60	0.78	4.90	1.00	0.30	0.22	4.80
12.48	11.19	1.29	4.70	1.20	5.10	1.60	0.40	0.40	5.00
12.54	11.24	1.30	4.90	0.98	5.30	1.00	0.40	0.02	4.90
12.62	11.31	1.31	5.00	0.72	5.50	0.98	0.50	0.26	5.70
12.70	11.39	1.31	4.50	0.70	5.20	0.70	0.70	0.00	6.30
12.71	11.43	1.28	4.40	0.69	4.90	0.82	0.50	0.13	5.60
12.48	11.20	1.28	4.60	0.81	5.10	1.20	0.50	0.39	5.60
12.49	11.30	1.19	4.80	1.10	5.00	1.50	0.20	0.40	5.40
12.72	11.60	1.12	5.10	0.71	5.30	1.00	0.20	0.29	6.30

2. Panel sensorial de aceptación y ranking

Anexo 5. Codificación de las galletas

Muestra	Galleta	Código
A	Chocolate	265
B	Manzana	638
C	Maní	492
D	Pasas	849

Anexo 6. Hoja maestra

Panelista	Orden de presentación				Orden de códigos			
	A	B	C	D	265	849	638	492
1	A	B	C	D	265	849	638	492
2	A	C	B	D	265	638	849	492
3	A	D	B	C	265	492	849	638
4	A	B	D	C	265	849	492	638
5	A	C	B	D	265	638	849	492
6	A	D	C	B	265	492	638	849
7	B	C	D	A	849	638	492	265
8	B	D	A	C	849	492	265	638
9	B	A	C	D	849	265	638	492
10	B	A	D	C	849	265	492	638
11	B	C	A	D	849	638	265	492
12	B	D	C	A	849	492	638	265
13	C	A	B	D	638	265	849	492
14	C	A	D	B	638	265	492	849
15	C	B	A	D	638	849	265	492
16	C	B	D	A	638	849	492	265
17	C	D	A	B	638	492	265	849
18	C	D	B	A	638	492	849	265
19	D	A	B	C	492	265	849	638
20	D	A	C	B	492	265	638	849
21	D	B	A	C	492	849	265	638
22	D	B	C	A	492	849	638	265
23	D	C	A	B	492	638	265	849
24	D	C	B	A	492	638	849	265
25	A	B	C	D	265	849	638	492
26	A	C	B	D	265	638	849	492
27	A	D	B	C	265	492	849	638
28	A	B	D	C	265	849	492	638
29	A	C	B	D	265	638	849	492
30	A	D	C	B	265	492	638	849
31	B	C	D	A	849	638	492	265
32	B	D	A	C	849	492	265	638
33	B	A	C	D	849	265	638	492
34	B	A	D	C	849	265	492	638
35	B	C	A	D	849	638	265	492
36	B	D	C	A	849	492	638	265
37	C	A	B	D	638	265	849	492

Panelista	Orden de presentación				Orden de códigos			
38	C	A	D	B	638	265	492	849
39	C	B	A	D	638	849	265	492
40	C	B	D	A	638	849	492	265
41	C	D	A	B	638	492	265	849
42	C	D	B	A	638	492	849	265
43	D	A	B	C	492	265	849	638
44	D	A	C	B	492	265	638	849
45	D	B	A	C	492	849	265	638
46	D	B	C	A	492	849	638	265
47	D	C	A	B	492	638	265	849
48	D	C	B	A	492	638	849	265
49	A	B	C	D	265	849	638	492
50	A	C	B	D	265	638	849	492
51	A	D	B	C	265	492	849	638
52	A	B	D	C	265	849	492	638
53	A	C	B	D	265	638	849	492
54	A	D	C	B	265	492	638	849
55	B	C	D	A	849	638	492	265
56	B	D	A	C	849	492	265	638
57	B	A	C	D	849	265	638	492
58	B	A	D	C	849	265	492	638
59	B	C	A	D	849	638	265	492
60	B	D	C	A	849	492	638	265
61	C	A	B	D	638	265	849	492
62	C	A	D	B	638	265	492	849
63	C	B	A	D	638	849	265	492
64	C	B	D	A	638	849	492	265
65	C	D	A	B	638	492	265	849
66	C	D	B	A	638	492	849	265
67	D	A	B	C	492	265	849	638
68	D	A	C	B	492	265	638	849
69	D	B	A	C	492	849	265	638
70	D	B	C	A	492	849	638	265
71	D	C	A	B	492	638	265	849
72	D	C	B	A	492	638	849	265
73	A	B	C	D	265	849	638	492
74	A	C	B	D	265	638	849	492
75	A	D	B	C	265	492	849	638

Panelista	Orden de presentación				Orden de códigos			
76	A	B	D	C	265	849	492	638
77	A	C	B	D	265	638	849	492
78	A	D	C	B	265	492	638	849
79	B	C	D	A	849	638	492	265
80	B	D	A	C	849	492	265	638
81	B	A	C	D	849	265	638	492
82	B	A	D	C	849	265	492	638
83	B	C	A	D	849	638	265	492
84	B	D	C	A	849	492	638	265
85	C	A	B	D	638	265	849	492
86	C	A	D	B	638	265	492	849
87	C	B	A	D	638	849	265	492
88	C	B	D	A	638	849	492	265
89	C	D	A	B	638	492	265	849
90	C	D	B	A	638	492	849	265
91	D	A	B	C	492	265	849	638
92	D	A	C	B	492	265	638	849
93	D	B	A	C	492	849	265	638
94	D	B	C	A	492	849	638	265
95	D	C	A	B	492	638	265	849
96	D	C	B	A	492	638	849	265
97	A	B	C	D	265	849	638	492
98	A	C	B	D	265	638	849	492
99	A	D	B	C	265	492	849	638
100	A	B	D	C	265	849	492	638
101	A	C	B	D	265	638	849	492
102	A	D	C	B	265	492	638	849
103	B	C	D	A	849	638	492	265
104	B	D	A	C	849	492	265	638
105	B	A	C	D	849	265	638	492
106	B	A	D	C	849	265	492	638
107	B	C	A	D	849	638	265	492
108	B	D	C	A	849	492	638	265
109	C	A	B	D	638	265	849	492
110	C	A	D	B	638	265	492	849
111	C	B	A	D	638	849	265	492
112	C	B	D	A	638	849	492	265
113	C	D	A	B	638	492	265	849

Panelista	Orden de presentación				Orden de códigos			
	C	D	B	A	638	492	849	265
114	C	D	B	A	638	492	849	265
115	D	A	B	C	492	265	849	638
116	D	A	C	B	492	265	638	849
117	D	B	A	C	492	849	265	638
118	D	B	C	A	492	849	638	265
119	D	C	A	B	492	638	265	849
120	D	C	B	A	492	638	849	265

Anexo 7. Datos crudos para la prueba de aceptación y preferencia de las galletas de avena muestra 1 entregada.

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
2	265	7	8	8	7
1	265	4	5	6	6
4	265	9	9	9	9
5	265	7	9	7	7
3	265	6	7	9	6
8	849	7	9	9	7
6	265	7	7	9	7
10	849	7	9	9	8
12	849	9	9	8	9
6	849	8	6	9	8
9	849	8	7	8	8
13	638	7	5	7	7
15	638	8	8	7	8
14	638	7	8	6	9
16	638	8	9	8	9
19	492	7	8	6	6
20	492	9	9	9	9
24	492	8	9	8	9
23	492	8	7	7	8
25	265	8	7	9	8
18	638	6	7	6	6
17	638	7	5	4	8
21	492	9	9	9	9
22	492	9	9	8	9
26	265	7	7	6	8

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
28	265	9	8	9	9
27	265	9	9	9	9
29	265	8	8	9	9
30	265	9	7	8	9
31	849	6	7	3	7
34	849	8	8	8	8
35	849	7	8	7	9
36	849	8	9	9	9
32	849	7	8	6	8
33	849	7	8	8	7
38	638	9	7	8	8
37	638	9	7	9	9
40	638	8	8	8	8
39	638	6	7	7	7
41	638	9	9	9	9
43	4928	8	9	9	9
42	638	8	8	9	9
46	492	8	5	8	8
44	492	7	6	6	8
45	492	7	8	5	9
51	265	9	9	9	9
47	492	9	5	9	9
49	265	9	9	9	9
48	492	9	9	9	9
50	265	8	8	7	8
52	265	9	8	7	8
54	265	7	6	7	7
53	265	8	7	7	9
56	849	8	7	9	8
55	849	7	6	7	8
57	849	7	6	8	5
58	849	7	9	9	9
59	849	8	9	7	9
60	849	8	8	7	8
61	638	6	7	6	7
64	638	7	8	4	7
62	638	8	7	6	8
6	638	7	9	7	6
63	638	9	8	7	9

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
68	492	8	9	7	8
67	492	6	7	7	5
69	492	9	9	9	9
71	492	8	8	8	9
76	265	7	7	6	8
73	265	7	7	7	7
70	492	6	8	7	6
75	265	7	9	8	6
72	492	8	7	6	9
74	265	7	8	7	7
77	265	7	7	6	8
78	265	9	8	9	9
79	849	9	9	9	9
82	849	8	6	7	9
81	849	7	5	6	7
83	849	7	6	7	8
84	849	6	6	3	7
80	849	8	9	9	7
85	638	6	4	4	7
86	638	6	9	4	8
87	638	8	9	7	9
90	638	7	7	5	8
91	492	7	7	7	8
89	89	8	8	8	7
88	638	8	8	8	7
93	492	7	8	6	8
92	492	9	8	9	9
94	492	7	7	6	8
95	492	7	4	7	8
96	492	8	7	9	9
100	265	7	8	6	8
99	265	7	5	6	6
98	265	9	7	7	9
102	265	9	9	9	8
101	265	8	8	9	9
103	849	7	8	8	9
106	849	8	8	6	8
105	849	9	9	9	9
104	849	6	7	4	7

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
107	849	7	7	8	7
109	6	6	8	8	5
108	849	8	7	8	9
111	638	5	9	2	7
110	638	9	9	7	9
114	638	8	8	6	9
113	638	9	8	8	9
115	492	8	6	8	8
112	638	9	9	9	9
118	492	9	9	9	9
117	492	6	6	5	7
116	492	7	8	7	8
119	492	8	7	8	8

Anexo 8. Datos crudos para la prueba de aceptación y preferencia de las galletas de avena muestra 2 entregada.

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
2	638	6	8	6	7
1	849	9	9	9	9
4	849	7	8	7	7
5	638	7	7	7	8
3	492	9	8	8	9
8	492	8	9	9	6
6	492	7	8	8	6
10	265	9	9	9	9
12	492	6	9	9	6
6	638	6	7	5	5
9	265	7	7	5	6
13	265	5	4	4	5
15	849	8	6	9	8
14	265	9	9	9	9
16	849	8	9	9	9
19	265	8	6	7	8
20	265	9	9	9	9

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
24	638	9	9	9	8
23	638	7	4	7	9
25	849	7	6	7	7
18	492	8	9	8	8
17	492	7	9	7	8
21	849	9	9	9	9
22	849	9	9	9	9
26	638	7	7	7	7
28	849	8	8	7	8
27	492	7	9	7	7
29	638	7	7	5	6
30	492	7	9	7	6
31	638	5	9	6	3
34	265	9	7	9	9
35	638	5	8	6	5
36	492	7	9	9	6
32	492	6	9	7	6
33	265	8	8	8	8
38	265	7	7	6	8
37	265	6	8	9	6
40	849	7	8	7	7
39	849	8	8	9	9
41	492	8	9	9	8
43	265	9	9	9	7
42	492	7	8	8	7
46	849	8	5	9	8
44	265	6	6	7	5
45	849	6	4	4	6
51	492	8	9	7	7
47	638	9	9	9	9
49	849	7	9	9	7
48	638	9	9	9	9
50	638	8	8	7	7
52	849	8	6	9	8
54	492	8	7	7	9
53	638	7	6	7	8
56	492	9	9	7	9
55	638	7	6	7	7
57	265	9	9	9	9
58	265	9	9	9	9
59	638	8	9	6	9

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
60	492	7	8	7	6
61	265	7	7	6	6
64	849	9	9	8	9
62	265	8	8	7	9
6	492	8	9	8	8
63	849	6	8	5	7
68	638	7	9	7	6
67	265	8	8	8	8
69	849	8	9	8	8
71	638	9	7	7	9
76	849	8	6	8	8
73	849	5	8	5	7
70	849	8	8	8	7
75	492	6	9	7	4
72	638	8	7	7	9
74	638	7	8	8	7
77	638	5	7	4	5
78	492	7	8	7	7
79	638	6	9	4	4
82	265	9	9	9	9
81	265	8	6	8	8
83	638	8	8	8	9
84	492	3	7	8	1
80	492	6	8	5	6
85	265	8	7	8	8
86	265	5	9	8	6
87	849	7	9	8	8
90	492	9	9	8	9
91	265	8	8	8	9
89	89	8	8	8	7
88	849	7	7	7	6
93	849	8	9	7	6
92	265	9	9	8	9
94	849	7	6	7	9
95	638	5	1	3	6
96	638	7	7	7	5
100	849	6	7	6	7
99	492	7	6	6	7
98	638	5	7	7	5
102	492	5	9	8	4
101	638	6	6	6	6
103	638	4	5	4	3
106	265	9	8	9	9

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
105	265	9	9	9	9
104	492	8	7	7	7
107	638	8	7	8	9
109	265	8	7	9	8
108	492	8	8	7	8
111	849	7	6	6	4
110	265	9	9	9	9
114	492	9	9	9	9
113	492	9	9	9	9
115	265	9	8	9	9
112	849	7	9	9	9
118	849	9	9	8	9
117	849	4	8	4	4
116	265	7	7	8	7
119	638	8	8	6	9

Anexo 9. Datos crudos para la prueba de aceptación y preferencia de las galletas de avena muestra 3 entregada.

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
2	849	5	6	7	6
1	638	9	8	7	9
4	492	6	9	9	6
5	849	6	7	6	7
3	849	6	8	9	8
8	265	8	9	9	8
6	638	7	7	7	7
10	492	7	7	9	7
12	638	8	6	9	7
6	265	7	9	7	8
9	638	6	6	8	7
13	849	6	6	7	5
15	265	6	9	6	5
14	492	9	9	9	9
16	492	8	9	9	8
19	849	7	6	7	7
20	638	8	9	7	9

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
24	849	7	9	7	8
23	265	7	8	7	7
25	638	6	6	5	6
18	849	6	8	7	6
17	265	9	9	8	9
21	265	9	8	8	8
22	638	8	8	8	7
26	849	7	7	6	7
28	492	9	9	9	9
27	849	8	9	8	8
29	849	8	8	7	8
30	638	4	4	4	3
31	492	4	8	6	2
34	492	6	8	8	6
35	265	8	8	7	8
36	638	9	8	7	9
32	265	8	9	9	8
33	638	9	9	9	9
38	492	9	9	9	9
37	849	7	9	9	7
40	492	8	7	9	8
39	256	6	6	8	8
41	265	8	8	8	9
43	849	9	9	6	8
42	849	7	8	7	7
46	638	9	6	9	9
44	638	8	8	5	9
45	265	9	9	7	8
51	849	8	9	8	8
47	265	9	9	9	7
49	638	9	8	6	9
48	849	8	8	9	7
50	849	7	8	7	7
52	492	7	6	7	8
54	638	6	9	7	4
53	849	7	6	8	7
56	265	8	7	9	8
55	492	6	7	5	6
57	638	8	9	8	7
58	492	5	9	8	8
59	265	9	9	9	9

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
60	638	8	9	8	9
61	849	7	8	5	6
64	492	6	8	5	6
62	492	6	9	7	6
6	849	9	9	9	9
63	265	8	6	5	9
68	265	9	9	9	9
67	849	7	6	7	7
69	265	8	8	9	8
71	265	7	9	9	8
76	492	3	7	7	4
73	638	8	8	8	8
70	638	8	7	8	9
75	849	9	7	9	9
72	849	8	6	8	9
74	849	7	7	8	8
77	849	6	7	6	6
78	638	5	7	6	7
79	492	7	7	7	7
82	492	7	7	9	7
81	638	9	6	8	9
83	265	7	7	6	7
84	638	5	3	6	9
80	265	8	8	7	8
85	849	9	9	8	8
86	492	4	9	8	4
87	265	9	8	9	9
90	849	8	9	6	9
91	849	6	7	7	7
89	89	9	9	9	9
88	492	9	9	9	9
93	265	9	9	8	9
92	638	8	8	7	9
94	638	7	8	7	8
95	265	8	8	9	8
96	849	9	9	9	9
100	492	7	8	7	7
99	849	7	6	6	6
98	849	7	7	7	7
102	638	5	9	3	1
101	849	6	6	8	5
103	492	8	7	8	8
106	492	8	9	9	8

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
105	638	7	9	8	7
104	265	8	7	7	6
107	265	7	8	7	7
109	849	4	8	6	4
108	638	9	9	7	9
111	265	9	6	8	8
110	492	8	7	7	9
114	849	6	6	7	7
113	265	7	7	8	9
115	849	7	9	6	8
112	492	9	9	9	9
118	638	9	9	9	9
117	265	9	9	9	9
116	638	6	8	7	6
119	265	8	7	9	9

Anexo 10. Datos crudos para la prueba de aceptación y preferencia de las galletas de avena muestra 4 entregada.

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
2	492	5	6	5	7
1	492	7	8	8	7
4	638	7	7	6	8
5	492	8	8	8	8
3	638	5	8	9	3
8	638	7	9	9	7
6	849	8	7	8	8
10	638	4	6	7	2
12	265	9	9	9	9
6	462	9	8	9	8
9	462	6	5	6	5
13	492	4	5	6	4
15	492	5	9	5	4
14	849	8	8	8	8
16	265	9	9	9	9
19	638	9	8	8	9
20	849	7	6	8	7

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
24	265	7	9	7	8
23	849	7	5	8	6
25	492	4	7	7	3
18	264	8	8	7	8
17	849	7	8	8	7
21	638	9	8	8	9
22	265	9	9	8	7
26	492	7	8	6	7
28	638	7	8	8	7
27	638	9	9	8	8
29	492	7	8	6	5
30	849	9	9	9	9
31	265	8	9	7	8
34	638	6	7	4	5
35	462	6	7	6	7
36	265	8	7	9	9
32	638	9	9	7	9
33	462	6	8	7	6
38	849	7	9	5	6
37	492	9	9	9	9
40	265	9	9	9	9
39	492	7	7	7	6
41	849	9	8	8	7
43	638	8	9	6	7
42	264	7	9	7	8
46	265	9	6	9	9
44	849	2	4	5	2
45	638	9	9	8	9
51	638	8	9	9	8
47	849	9	9	8	7
49	492	6	9	9	5
48	265	9	9	7	9
50	492	7	7	7	6
52	638	5	5	6	5
54	849	7	6	7	8
53	492	6	9	7	5
56	638	7	7	7	7
55	265	9	5	8	9
57	462	9	9	9	9
58	638	5	9	8	5
59	462	9	9	9	9

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
60	265	9	8	9	9
61	492	8	8	8	9
64	265	6	9	7	7
62	849	8	8	8	8
6	265	9	9	7	8
63	462	6	7	7	4
68	849	8	9	8	8
67	638	9	8	9	9
69	638	8	9	9	8
71	849	6	9	5	7
76	638	7	6	4	5
73	492	7	8	8	7
70	265	9	8	8	9
75	638	5	8	6	3
72	265	6	7	5	6
74	492	7	8	6	7
77	492	7	7	8	8
78	849	8	9	9	9
79	265	6	9	7	6
82	638	6	7	5	5
81	462	7	6	8	7
83	462	8	8	8	9
84	265	8	8	9	7
80	638	6	7	7	6
85	492	7	7	7	7
86	849	6	9	9	5
87	492	9	9	9	8
90	265	7	9	9	7
91	638	7	8	7	6
89	89	7	7	6	8
88	265	7	7	6	5
93	638	9	9	9	9
92	849	9	9	9	9
94	265	8	8	8	8
95	849	7	9	6	7
96	265	9	9	9	9
100	638	8	8	8	9
99	638	4	6	7	5
98	492	4	8	7	4
102	849	6	7	8	8
101	492	5	7	7	5
103	265	8	9	8	9
106	638	7	9	7	7

Panelista	Código de muestra	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
105	462	9	9	9	9
104	638	2	7	2	2
107	462	7	9	7	7
109	482	5	7	7	5
108	265	8	7	8	9
111	492	5	5	1	1
110	849	7	8	6	7
114	265	8	9	9	8
113	849	8	6	8	9
115	638	7	9	4	7
112	265	9	9	9	9
118	265	9	9	9	8
117	638	8	9	9	9
116	849	8	8	7	8
119	849	6	7	7	6

Anexo 11. Orden de preferencia de las galletas para los panelistas encuestados, siendo 4 la que más les gustó y 1 la que menos les gustó.

Panelista	Chocolate (265)	Manzana (638)	Maní (492)	Pasas (849)
2	4	3	1	2
1	1	4	2	3
4	4	1	3	2
5	4	3	1	2
3	2	1	4	3
8	4	2	3	4
6	4	1	2	3
10	4	1	3	2
12	4	2	1	3
6	3	2	1	4
9	2	3	4	1
13	2	4	1	3
15	2	3	1	4
14	3	1	4	2
16	3	3	2	4
19	3	4	2	1
20	4	3	2	1
24	2	4	3	1
23	2	4	3	1
25	4	3	2	1

Panelista	Chocolate (265)	Manzana (638)	Maní (492)	Pasas (849)
18	3	2	4	1
17	4	1	2	3
21	1	4	3	2
22	1	2	3	4
26	4	2	1	3
28	4	1	3	2
27	4	2	1	3
29	4	2	1	3
30	4	2	1	3
31	4	2	1	3
34	4	1	2	3
35	4	1	2	3
36	3	1	2	4
32	1	3	2	4
33	2	3	4	1
38	2	3	4	1
37	1	4	3	2
40	4	3	1	2
39	4	2	3	1
41	4	2	3	1
43	3	2	4	1
42	3	4	1	2
46	4	3	1	2
44	2	3	4	1
45	3	4	2	1
51	4	3	1	2
47	2	4	3	1
49	4	2	3	1
48	2	4	2	2
50	4	3	1	2
52	4	1	2	3
54	2	1	4	3
53	4	3	1	2
56	3	1	4	2
55	4	2	1	3
57	4	4	1	2
58	4	1	3	2
59	2	1	4	3
60	4	3	1	2
61	3	1	4	2
64	3	2	1	4
62	3	4	1	2
6	1	2	4	3
63	4	3	1	2

Panelista	Chocolate (265)	Manzana (638)	Maní (492)	Pasas (849)
68	4	1	2	3
67	3	4	1	2
69	4	3	1	2
71	4	2	3	1
76	3	1	2	4
73	3	4	2	1
70	1	2	3	4
75	2	3	4	1
72	1	4	3	2
74	3	1	4	2
77	4	1	2	3
78	4	1	2	3
79	4	1	3	2
82	4	1	2	3
81	3	4	2	1
83	1	4	3	2
84	4	3	1	2
80	2	1	3	4
85	3	1	2	4
86	4	3	2	1
87	4	1	3	2
90	3	1	4	2
91	3	4	2	1
89	2	3	4	1
88	1	3	4	2
93	4	3	1	2
92	4	1	3	2
94	4	3	1	2
95	2	1	4	3
96	3	1	2	4
100	3	4	2	1
99	3	4	1	2
98	4	2	1	3
102	4	1	2	3
101	4	3	2	1
103	3	1	2	4
106	4	1	3	2
105	3	1	4	2
104	3	2	4	1
107	1	4	2	3
109	4	3	2	1
108	1	2	4	3
111	3	2	4	1
110	4	2	3	1
114	2	3	4	1
113	4	2	1	3

Panelista	Chocolate (265)	Manzana (638)	Maní (492)	Pasas (849)
115	4	1	2	3
112	4	4	3	4
118	3	1	4	2
117	2	1	3	4
116	2	3	1	4
119	4	1	3	2

3. Balances de masa y energía

Anexo 12. Fórmula de la galleta de chocolate indicando símbolo de ingrediente y función.

Ingrediente	Descripción o función
A	Saborizante
B	Potenciador de sabor
C	Regulador de acidez
D	Leudante
E	Leudante
F	Emulsificante
G	Saborizante
H	Cereal
I	Cereal
J	Grasa
K	Endulzante
L	Ingrediente distintivo
M	Humectante

Anexo 13. Fórmula de la galleta de pasas indicando símbolo de ingrediente y función.

Ingrediente	Descripción o función
A	Saborizante
B	Potenciador de sabor
C	Regulador de acidez
D	Leudante
E	Leudante
F	Emulsificante
G	Saborizante
H	Cereal
I	Cereal
J	Grasa
K	Endulzante
L	Ingrediente distintivo
M	Humectante

Anexo 14. Fórmula de la galleta de maní indicando símbolo de ingrediente y función.

Ingrediente	Descripción o función
A	Saborizante
B	Potenciador de sabor
C	Regulador de acidez
D	Leudante
E	Leudante
F	Emulsificante
G	Saborizante
H	Cereal
I	Cereal
J	Grasa
K	Endulzante
L	Ingrediente distintivo 1
M	Ingrediente distintivo 2
N	Ingrediente distintivo 3
O	Humectante

Anexo 15. Fórmula de la galleta de manzana indicando símbolo de ingrediente y función.

Ingrediente	Descripción o función
A	Saborizante
B	Potenciador de sabor
C	Regulador de acidez
D	Leudante
E	Leudante
F	Emulsificante
G	Saborizante
H	Cereal
I	Cereal
J	Grasa
K	Endulzante
L	Ingrediente distintivo 1
M	Ingrediente distintivo 2
N	Humectante

Anexo 16. Porcentaje de pérdidas de masa en los equipos a partir de datos históricos

Equipo	Pérdidas (%)
Mezcladora	0.010%
Moldeadora	0.51%
Banda transportadora	0.85%
Banda enfriamiento	0.74%
Empaque	1.85%

Anexo 17. Capacidades caloríficas de los ingredientes mayoritarios de las galletas

Ingrediente	Cp (kJ/kgK)
Avena	0.04
Harina	2.05
Manteca	2.29
Azúcar	1.26
Agua	4.18

Anexo 18. Temperaturas previo y posterior al horno de la galleta.

Temperatura	T (K)
Inicial	298.15
Final	473.15

Anexo 19. Dimensiones del horno para el balance de energía de calentamiento del horno.

Dimensión	Valor	Unidad
Largo horno	20	m
Altura total	2.5	m
Altura patas	0.6	m
Altura cabina	1.9	m
Ancho cabina	1.4	m
Grosor lados	0.15	m
Grosor techo	0.15	m
Grosor piso	0.15	m
Volumen techo	4.2	m ³
Volumen lados	11.4	m ³
Volumen piso	4.2	m ³
Volumen total	19.8	m ³
m cabina	158400	kg

Anexo 20. Dimensiones de la banda transportadora para el balance de energía de calentamiento de la banda.

Dimensión	Valor	Unidad
Ancho banda	0.8	m
Largo banda	20	m
Grosor banda	0.0012	m
Volumen banda	0.0192	m ³
Masa banda	153.6	kg

Anexo 21. Datos para el cálculo del calor requerido para el calentamiento del horno y la banda

Descripción	Valor	Unidad
Cp acero inox	0.50	kJ/kgK
Densidad inox	8000	kg/m ³
T inicial horno 25	298.15	K
T final horno 210	483.15	K
Tiempo	13	h

Anexo 22. Entalpías para el cálculo de vaporización del agua de la galleta.

Entalpía	H (kJ/kg)
Hv (entalpía vapor) @ 210 C	2796.2
Ha (entalpía agua líquida) @ 230 C	897.7

4. Análisis técnico económico

Anexo 23. Cajas promedio vendidas mensualmente el año 2021 para cada sabor de galletas.

Galleta	Promedio de cajas mensuales vendidas 2021
Galletas mantequilla de maní	737
Galleta manzana	2,407
Galleta chocolate	1,612
Galleta pasas	1,899
Cajas totales al mes	6,654

Anexo 24. Costo de los equipos requeridos y su instalación para la línea de producción de galletas.

Equipos	Costo (Q)
Mezcladora	Q18,486.00
Separadora de bulk	Q70,512.00
Banda de bulk	Q77,688.00
Cortadora	Q491,244.00
Banda transportadora 1	Q48,906.00
Horno túnel	Q847,080.00
Banda transportadora 2	Q72,150.00
Cinturon banda transportadora	Q58,812.00
Giro 180°	Q277,992.00
Banda de enfriamiento	Q242,580.00
Línea de empaque primario	Q338,520.00
Compresor	Q5,772.00
Instalación	Q466,362.00
Viáticos instaladores	Q23,400.00
Total equipos	Q3,039,504.00

Anexo 25. Energía requerida mensual para los equipos seleccionados

Equipos	Energía. requerida kW	kWh
Mezcladora	3.00	1008
Cortadora	4.10	8064
Horno	1.10	4032
Banda de enfriamiento	30.00	1008
Giro 180°	12.00	1344
Banda posterior al horno	3.00	1041.6
Banda de masa	0.75	369.6
Línea de empaque	4.00	2184
Compresor	3.00	1344

Anexo 26. Requerimiento de aire comprimido para equipos seleccionados.

Equipos	Aire comprimido (Pa)
Banda transportadora 1	0.1 – 0.25

Anexo 27. Costo total de las tuberías y sus accesorios necesarios.

Tuberías	Unidad	Cantidad	Costo/unidad	Total
Aire	m	1	Q7,160.00	Q7,160.00
Agua	m	35	Q900.00	Q31,500.00
Gas	m	35	Q400.00	Q14,000.00
Codos gas	u	10	Q45.00	Q450.00
Válvula de aguja	u	4	Q313.68	Q1,254.72
Manómetros	u	5	Q120.00	Q600.00
Total tuberías (Q)				Q54,964.72

Anexo 28. Costo total de los accesorios y equipos adicionales necesarios para la operación.

Accesorios	Unidad	Cantidad	Costo/u	Total
Pintura amarilla	m	144	Q68.00	Q9,792.00
Controles visuales	u	20	Q100.00	Q2,000.00
Mesa acero inoxidable	u	2	Q2,260.00	Q4,520.00
Váscula industrial	u	1	Q6,500.00	Q6,500.00
Balanza industrial	u	1	Q1,950.00	Q1,950.00
Estantería	u	1	Q700.00	Q700.00
Total accesorios (Q)				Q25,462.00

B. Datos calculados

1. Caracterización de las galletas

Anexo 29. Media y desviación estándar de las propiedades físicas analizadas de la galleta de chocolate.

Chocolate										
	Masa antes de horno (g)	Masa dsps. de horno (g)	Diferencia de masa (g)	Diámetro antes de horno (cm)	Grosor antes de horno (cm)	Diámetro dsps. de horno (cm)	Grosor dsps. de horno (cm)	Diferencia diámetro (cm)	Diferencia grosor (cm)	Humedad después del horno (%)
\bar{x}	12.69	11.09	1.60	4.67	0.69	5.13	1.01	0.46	0.32	3.44
σ	0.1630	0.2616	0.2776	0.2155	0.0965	0.1429	0.2183	0.2614	0.1612	0.3890

Anexo 30. Media y desviación estándar de las propiedades físicas analizadas de la galleta de pasas.

Pasas										
	Masa antes de horno (g)	Masa dsps. de horno (g)	Diferencia de masa (g)	Diámetro antes de horno (cm)	Grosor antes de horno (cm)	Diámetro dsps. de horno (cm)	Grosor dsps. de horno (cm)	Diferencia diámetro (cm)	Diferencia grosor (cm)	Humedad después del horno (%)
\bar{x}	12.56	11.04	1.52	4.90	0.69	5.28	1.07	0.38	0.38	4.49
σ	0.2635	0.3325	0.1915	0.2622	0.1207	0.2593	0.1843	0.1472	0.0969	0.5004

Anexo 31. Media y desviación estándar de las propiedades físicas analizadas de la galleta de maní.

Maní										
	Masa antes de horno (g)	Masa dsps. de horno (g)	Diferencia de masa (g)	Diámetro antes de horno (cm)	Grosor antes de horno (cm)	Diámetro dsps. de horno (cm)	Grosor dsps. de horno (cm)	Diferencia diámetro (cm)	Diferencia grosor (cm)	Humedad después del horno (%)
\bar{x}	12.47	11.03	1.45	4.87	0.70	5.31	1.03	0.44	0.33	4.33
σ	0.1892	0.2115	0.1428	0.2322	0.1076	0.2326	0.1475	0.2021	0.0816	0.3824

Anexo 32. Media y desviación estándar de las propiedades físicas analizadas de la galleta de manzana.

Manzana										
	Masa antes de horno (g)	Masa dsps. de horno (g)	Diferencia de masa (g)	Diámetro antes de horno (cm)	Grosor antes de horno (cm)	Diámetro dsps. de horno (cm)	Grosor dsps. de horno (cm)	Diferencia diámetro (cm)	Diferencia grosor (cm)	Humedad después del horno (%)
\bar{x}	12.56	11.17	1.39	4.82	0.80	5.19	1.11	0.36	0.31	5.28
σ	0.2511	0.2689	0.1303	0.4284	0.1445	0.4216	0.2279	0.1350	0.1304	0.6303

Anexo 33. Porcentajes de pérdida y/o aumento para las propiedades físicas analizadas.

Galleta	Pérdida de masa%	Aumento en diámetro (%)	Aumento en grosor (%)
Chocolate	12.58%	9.85%	47.10%
Pasas	12.13%	7.75%	55.74%
Maní	11.59%	9.04%	46.44%
Manzana	11.08%	7.55%	38.27%

2. Panel sensorial de aceptación

Anexo 34. Valores p calculados para panel de aceptación por medio de ANOVA, utilizando un 95% de confianza y un nivel de significancia de 0.05.

Atributo	Valor-p
Aceptación general	5.45xE-06
Apariencia	0.0727
Textura	2.02xE-07
Sabor	9.09xE-05

Se presentan los valores-p obtenidos, los cuales se compararon contra el valor $\alpha=0.05$ para rechazar o no la hipótesis planteada. Los valores p menores al parámetro α representan el rechazo de la hipótesis.

Anexo 35. Valores totales calculados para prueba de rango de las cuatro galletas.

Galleta	Chocolate (265)	Manzana (638)	Maní (492)	Pasas (849)
Total de rangos (X)	359	270	277	265

El total de rango se obtuvo a partir de la suma de los rangos presentados en el Cuadro X de la sección de Datos originales. El total de rangos es útil para el cálculo del parámetro T de Friedman necesario para determinar si existe diferencia significativa entre la preferencia de las cuatro galletas.

Anexo 36. Valor T de Friedman para determinación de diferencia significativa entre el rango de las cuatro galletas.

Número de panelistas	Número de tratamientos	$\sum X^2$	Valor T de Friedman	Valor crítico X^2	Conclusión
119	4	348735	26.67	7.82	Si existe diferencia significativa.

Anexo 37. Prueba de la Sumatoria de Rango de Kramer para determinación de diferencia significativa entre tratamientos

Caso	Valor absoluto	Valor crítico	Diferencia
A – B	89	51.18	Si hay diferencia
A – C	82		Si hay diferencia
A – D	94		Si hay diferencia
B – C	7		No hay diferencia
B – D	5		No hay diferencia
C – D	12		No hay diferencia

3. Balances de masa y energía

Anexo 38. Capacidad calorífica de la galleta

Capacidad calorífica de la galleta (kJ/kgK)
1.47

Anexo 39. Balance de masa

Galleta	Operación	Entrada (kg)	Salida (kg)	Pérdidas (kg)
Chocolate	Mezclador	146.429	146.41	0.01
	Moldeadora	146.41	145.67	0.75
	Banda transportadora	145.67	144.43	1.24
	Horno	144.43	126.26	18.16
	Enfriamiento	126.26	125.33	0.93
	Empaque	125.33	123.01	2.32
Pasas	Mezclador	146.429	146.41	0.01
	Moldeadora	146.41	145.67	0.75
	Banda transportadora	145.67	144.43	1.24
	Horno	144.43	126.92	17.51
	Enfriamiento	126.92	125.98	0.94
	Empaque	125.98	123.65	2.33
Maní	Mezclador	146.429	146.42	0.01
	Moldeadora	146.42	145.67	0.75
	Banda transportadora	145.67	144.43	1.24

Galleta	Operación	Entrada (kg)	Salida (kg)	Pérdidas (kg)
Maní	Horno	144.43	127.69	16.74
	Enfriamiento	127.69	126.75	0.94
	Empaque	126.75	124.40	2.34
Manzana	Mezclador	146.429	146.42	0.01
	Moldeadora	146.42	145.67	0.75
	Banda transportadora	145.67	144.43	1.24
	Horno	144.43	128.43	16.00
	Enfriamiento	128.43	127.48	0.95
	Empaque	127.48	125.12	2.36

Anexo 40. Balance de energía del horno.

Galleta	Energía	(kJ/h)
Chocolate	Requerida para calentar la galleta	37,259.16
	Requerida para calentar el horno y la banda	1,128,169.85
	Pérdida de energía por evaporación del agua	34,485.49
	Pérdidas por convección y radiación	378,760.28
	Calor de entrada	1,165,429.01
	Pérdidas	413,245.77
Pasas	Requerida para calentar la galleta	37,259.16
	Requerida para calentar el horno y la banda	1,128,169.85
	Pérdida de energía por evaporación del agua	34,485.49
	Pérdidas por convección y radiación	378,760.28
	Calor de entrada	1,165,429.01
	Pérdidas	434,863.28
Maní	Requerida para calentar la galleta	37,259.77
	Requerida para calentar el horno y la banda	1,128,169.85
	Pérdida de energía por evaporación del agua	31,782.22
	Pérdidas por convección y radiación	378,760.28
	Calor de entrada	1,165,429.61
	Pérdidas	410,542.50
Manzana	Requerida para calentar la galleta	37,259.61
	Requerida para calentar el horno y la banda	1,128,169.85

Galleta	Energía	(kJ/h)
Manzana	Pérdida de energía por evaporación del agua	30,371.76
	Pérdidas por convección y radiación	378,760.28
	Calor de entrada	1,165,429.46
	Pérdidas	409,132.04

Anexo 41. Balance de energía del enfriamiento

Galleta	Energía perdida (kJ/h)
Chocolate	34434.46
Pasas	34611.91
Maní	34823.42
Manzana	35025.87

4. Análisis técnico económico

Anexo 42. Resumen de presupuesto de costos operativos para el total del año y promedio mensual.

Descripción del costo	Total año
Laboratorios	Q48,100.00
Papelería y útiles de oficina	Q1,315.10
Suministros de limpieza	Q14,476.12
Suministros EPP	Q9,704.78
Suministros operación	Q63,537.40
Servicios de fumigación	Q14,400.00
Consumo de energía eléctrica	Q103,085.50
Consumo de agua	Q18,000.00
Combustibles	Q347,415.01
Reparación y mantenimiento planeado	Q308,046.06
Reparación y mantenimiento montacargas	Q148,800.00
Total año	Q1,076,879.97
Total mensual	Q89,740.00

El anexo anterior presenta el desembolso anual para las diferentes áreas. En laboratorios se tomaron en cuenta la papelería y útiles de oficina, suministros de operación como hisopos utilizados en la liberación de la línea, el equipo de protección personal y la reparación y mantenimiento de los equipos de laboratorio. En papelería y útiles de oficina se toman en cuenta los materiales y útiles de la operación como lapiceros, tablas de escritura, tijeras, etc. En suministros de limpieza se tomaron en cuenta las escobas, mopas, desinfectante de grado alimenticio y todo el equipo del personal para mantener las instalaciones en su estado óptimo. Los suministros de EPP representan las botas, cofias,

mascarillas, guantes para horno y chalecos y cascos para el área de bodega. En suministros de operación se toman en cuenta todos los recipientes para el prepesado, así como cucharones, la tinta de etiquetado o el alambre utilizado en la moldeadora.

Los servicios de fumigación se llevarán a cabo de forma mensual y consideran el servicio tercerizado. El consumo eléctrico toma en cuenta el consumo de los equipos que funcionan con energía eléctrica, así como la iluminación dentro del área de producción, oficinas y laboratorio. El consumo de agua toma en cuenta el agua necesario para la limpieza de la línea de producción, así como su uso en laboratorio y en formulación. Con respecto a combustibles, este rubro solamente toma en cuenta el consumo del horno. El rubro de reparación y mantenimiento planeado toma en cuenta los suministros de operación como aceite, paños limpiadores, desinfectante para grado alimenticio, etc. Esto se calculó según el plan de mantenimiento recomendado por el proveedor de los equipos. Por último, se toma en cuenta el presupuesto de montacargas que será un servicio tercerizado en modalidad de alquiler.

Anexo 43. Inversión de capital necesaria y depreciación a 15 años del proyecto

Descripción	Monto (Q)
Inversión de capital	Q3,119,930.72
Inversión de capital + riesgo 10% (\$)	Q3,431,923.79
Depreciación mensual (Q)	Q14,299.68

Se asume que todo el capital del proyecto se deprecia a 20 años, según el departamento de finanzas de la empresa.

Anexo 44. Costos de personal considerando dos equipos de trabajo para satisfacer los 28 turnos.

Escenario	Costo total de personal (Q)
2 equipos	Q172,363.03

Anexo 45. Costo de manufactura mensual categorizado.

Descripción del costo	Costo (Q)
Costos operativos mensuales	Q89,740.00
Depreciación	Q14,299.68
Costo de personal	Q172,363.03
Costo de manufactura mensual	Q276,402.71

Anexo 46. Costo de manufactura por unidad.

Descripción del costo	Costo (Q)
Costo de manufactura por unidad	Q0.43

Anexo 47. Ahorros

Ahorro mensual por reducción de costo de manufactura	Ahorro mensual por transporte	Ahorro anual total
Q30,228.01	Q15,500.00	Q548,736.09

Anexo 48. Indicadores de rentabilidad

Tiempo retorno de la inversión	Utilidad de socios	Retorno del capital invertido
6.25 años	Q33,947.52	15.99%

C. Cálculos de muestra

Cálculo de muestra 1. Tamaño de muestra para caracterización de las galletas

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

Donde:

n = tamaño requerido de muestra

Z = grados de confianza que para un nivel de confianza del 90% es 1.65.

σ = desviación estándar

$$n = \frac{96 * 1.65^2 * 0.35^2}{(96 - 1) * 0.1^2 + 1.65^2 * 0.35^2}$$

$$n = 25$$

Considerando que una unidad de venta a distribuidores tiene una cantidad de 96 galletas, se obtiene una muestra de 30 galletas, con un 90% de confianza, error del 10% y una desviación estándar de 0.35.

Cálculo de muestra 2. Pérdida de masa en el horneado (%).

Para calcular el porcentaje de pérdida de masa (agua) en el horneado se debe obtener primero el diferencial promedio entre la masa previo y posterior al horneado de las galletas.

$$P_{H2O} = \overline{x_{mah}} - \overline{x_{mdh}}$$

Donde:

P_{H2O} = Pérdida de agua

$\overline{x_{mah}}$ = Media de la masa previo al horneado

$\overline{x_{mdh}}$ = Media de la masa posterior al horneado

$$P_{H2O} = (12.69 - 11.09)$$

$$P_{H2O} = 1.60 \text{ g}$$

Posteriormente, se obtiene el porcentaje de pérdida sobre la masa húmeda de la galleta.

$$P_{H2O} \% = \frac{1.60}{12.69} * 100$$

$$P_{H2O} \% = 12.58\%$$

El cálculo de muestra se llevó a cabo para la galleta de chocolate. Se realizó lo mismo para las demás galletas. De la misma forma se llevó a cabo el cálculo para el aumento de grosor y diámetro de las galletas posterior al horneado.

Cálculo de muestra 3. Tamaño de muestra para panel sensorial

$$n_0 = \frac{\left(\frac{z_{\alpha}^2}{2}\right) * pq}{E^2}$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}}$$

Donde:

$z_{\alpha/2}$ = grados de confianza que para un nivel de confianza del 95% es 1.96.

p = probabilidad que consuman galletas de avena

q = probabilidad que no consuman galletas de avena

E = margen de error

N = población total

$$n_0 = \frac{(1.96^2) * 0.5 * 0.5}{0.09^2}$$

$$n_0 = 119$$

$$n = \frac{119}{1 + \frac{119 - 1}{146848}}$$

$$n = 118$$

Considerando el tamaño de la población de 15 a 45 años, según los datos del censo poblacional del año 2018 y el tamaño de los niveles socioeconómicos A-B-C+, el tamaño de muestra ideal para el panel sensorial de aceptación y preferencia denota ser de 118 personas, tomando un error del 9% y un nivel de confianza del 95%.

Cálculo de muestra 4. ANOVA panel sensorial de aceptación

```
library(readxl)
R_Studio_Galletas_de_Avena <- read_excel("R Studio Galletas de Avena.xlsx")
View(R_Studio_Galletas_de_Avena)
str(R_Studio_Galletas_de_Avena)

## tibble [464 × 6] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
## $ Numero de panelista: num [1:464] 2 1 4 5 3 8 6 10 12 6 ...
## $ Muestra           : chr [1:464] "Chocolate" "Chocolate" "Chocolate"
## "Chocolate" ...
## $ Aceptacion        : num [1:464] 7 4 9 7 6 7 7 7 9 8 ...
## $ Apariencia        : num [1:464] 8 5 9 9 7 9 7 9 9 6 ...
## $ Textura           : num [1:464] 8 6 9 7 9 9 9 9 8 9 ...
## $ Sabor             : num [1:464] 7 6 9 7 6 7 7 8 9 8 ...

#Aceptación general de Las galletas
Aceptacion = aov(Aceptacion ~ Muestra , data=R_Studio_Galletas_de_Avena)
summary(Aceptacion)

##           Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## Muestra      3   48.7  16.221    9.315 5.45e-06 ***
## Residuals  460  801.0    1.741
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#Apariencia de Las galletas
Apariencia = aov(Apariencia ~ Muestra , data=R_Studio_Galletas_de_Avena)
summary(Apariencia)

##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Muestra      3   11.4   3.807   2.34 0.0727 .
## Residuals  460  748.6   1.627
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#Textura de Las galletas
Textura = aov(Textura ~ Muestra , data=R_Studio_Galletas_de_Avena)
summary(Textura)
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## Muestra      3   70.0  23.325   11.74 2.02e-07 ***
## Residuals  460  914.2   1.987
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#Sabor de Las galletas
Sabor = aov(Sabor ~ Muestra , data=R_Studio_Galletas_de_Avena)
summary(Sabor)

##           Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## Muestra      3   54.3  18.100   7.262 9.09e-05 ***
## Residuals  460 1146.6   2.493
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Cálculo de muestra 5. Parámetro T de Friedman

Utilizando la Ecuación X, se obtiene la T de Friedman para determinar la existencia significativa entre el rango de preferencia entre las galletas.

$$T = \left| \frac{12}{b * t * (t + 1)} * (\sum X^2) - 3b(t + 1) \right|$$

Donde:

b = número de panelistas
t = número de tratamientos
X = total de rangos

$$T = \left| \frac{12}{119 * 4 * (4 + 1)} * (359^2 + 270^2 + 277^2 + 265^2) - (3 * 119) * (4 + 1) \right|$$

$$T = 26.67$$

Para una T mayor al parámetro crítico de X², se determina la existencia de una diferencia significativa. Utilizando el Cuadro X de la sección de Tablas estadísticas, se determina que el valor crítico de chi cuadrado es 7.82.

$$26.67 > 7.82$$

Por lo que se concluye que si hay diferencia significativa entre los rangos de preferencia de las cuatro galletas.

Cálculo de muestra 6. Prueba de rango de Kramer

Para determinar si existe diferencia significativa entre el rango de preferencia de cada una de las galletas se debe obtener el valor absoluto de la diferencia entre la suma de cada ranking/rango. El siguiente ejemplo demuestra la diferencia entre la suma de la galleta de chocolate y manzana.

$$|359 - 270| = 89$$

Si el valor absoluto de la diferencia es mayor al valor crítico de diferencia entre suma de categorías del cuadro X de la sección de tablas estadísticas, si existe diferencia significativa. Como la tabla solo presenta valores para 110 y 120 panelistas se hace un pronóstico lineal para obtener el valor crítico de 119 panelistas.

Anexo 49. Valores críticos de X2

Panelistas	Valor crítico para 4 tratamientos
110	49.2
120	51.4
119	51.18

De tal forma:

$$89 > 51.18$$

Por lo que si existe diferencia significativa entre el rango de preferencia de la galleta de chocolate y de manzana. Dicho cálculo se realizó para todas las combinaciones pareadas posibles de galletas como A-C, A-D, B-C, B-D, C-D.

Cálculo de muestra 7. Calor de cocción de galletas

El siguiente ejemplo se realizó para la cocción de la galleta de chocolate.

$$Q_{cg} = \dot{m}_g * C_{pg} * (T_f - T_i)$$

Donde:

Q_{cg} = calor de la cocción de la galleta (kJ/h)

\dot{m}_g = flujo másico de galleta húmeda antes de ingresar al horno (kg/h)

C_{pg} = capacidad calorífica galleta (kJ/kgK)

T_f = temperatura final (K)

T_i = temperatura inicial (K)

$$Q_{cg} = 144.43 * 1.47 * (473.15 - 298.15)$$

$$Q_{cg} = 37,259.16 \text{ kJ/h}$$

Cálculo de muestra 8. Calor necesario para calentamiento del horno

$$Q_h = m_h * C_{pai} * (T_f - T_i)$$

Donde:

Q_h = calor para calentar horno(kJ/h)

m_h = masa del horno (kg/h)

C_{ai} = capacidad calorífica acero inoxidable (kJ/kgK)

T_f = temperatura final (K)

T_i = temperatura inicial (K)

$$Q_h = \frac{14,666,208.00 \text{ kJ}}{13h}$$

$$Q_h = 1,128,169.85 \text{ kJ}$$

Cálculo de muestra 9. Calor para vaporización de agua

$$Q_{vap} = m_{aev} * (H_v - H_a)$$

Donde:

Q_{vap} = calor para evaporar agua(kJ/h)

m_{ae} = masa de agua evaporada(kg/h)

H_v = entalpía de vapor saturado (kJ/kg)

H_a = entalpía de agua líquida saturada (kJ/kg)

$$Q_{vap} = 34,485.49 \text{ kJ/h}$$

Cálculo de muestra 10. Pérdidas por convección.

Primero se obtuvo la temperatura promedio entre la temperatura del aire fuera del horno y la temperatura del aire dentro del horno. Lo que dio el siguiente resultado:

$$\bar{x}_T = \frac{25 + 210}{2} = 117.5^\circ C$$

A partir de los valores del Anexo 53 se encontraron las propiedades del aire y se interpoló para la temperatura promedio, entre las propiedades de 100°C y 120°C para obtener los siguientes datos.

Propiedades del aire	k	Pr	v	beta
117.5	0.032175	0.707775	0.00002495	.00255984

Utilizando las siguientes ecuaciones:

$$Ra_L = \frac{g * \beta * (T1 - T2) * L_c^3 * Pr}{\nu^2}$$

$$Nu = 0.42 * (Ra_L)^{0.25} * Pr^{0.012} (H/L)^{-0.3}$$

$$A_s = H * W$$

$$Q_{conv} = k * Nu * A_s * \frac{(T1 - T2)}{L}$$

Pérdidas convección	Lados	Piso	Techo	Unidades
RaL	2.52E+07	2.52E+07	2.52E+07	-
Gravedad	9.81	9.81	9.81	m/s ²
delta T	185.00	185.00	185.00	-
Longitud característica	0.15	0.15	0.15	m
Nusselt	13.83	15.16	15.16	-
H	1.90	1.40	1.40	m
W	20.00	20.00	20.00	m
A	38.00	28.00	28.00	m ²
Q	20,860.67	16,845.75	16,845.75	J/s
Pérdidas por convección	54.55			kJ/s

$$Q_{conv} total = 54.55 \text{ kJ/s}$$

Cálculo de muestra 11. Pérdidas por radiación

Pérdidas radiación	50.65900724	kJ/s
e	0.20	N/A
Stefan Boltzmann	0.00	W/m ² *K ⁴
Ts	483.15	K
Ta	298.15	K
As	94.00	m ²
Q	50659.01	W

$$Q_{rad} = \varepsilon * \sigma * A_s * (T_s^4 - T_a^4)$$

$$Q_{rad} = 50.66 \text{ kJ/s}$$

Cálculo de muestra 12. Enfriamiento de las galletas

$$Q_{enf} = m_{gh} * C_{pg} * (T_f - T_i)$$

Donde:

Q_{enf} = Pérdida de energía (kJ/h)

m_{gh} = Masa galleta horneada (kg/h)

C_{pg} = Capacidad calorífica galleta (kJ/kgK)

T_f = Temperatura final (C)

T_i = Temperatura inicial (C)

$$Q_{enf} = 126.26 * 1.47 * (210 - 25)$$

$$Q_{enf} = 34,434.46 \text{ kJ/h}$$

Cálculo de muestra 13. Depreciación mensual

El cálculo de depreciación se calculó de la siguiente manera, considerando un período de 20 años para depreciar, según lo recomendado por el departamento de finanzas de la empresa.

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Inversión de capital}}{\text{Período de depreciación}}$$

$$\text{Depreciación anual} = \frac{Q. 3,431,923.79}{20} = Q. 171,596.19$$

$$\text{Depreciación mensual} = \frac{Q. 171,596.19}{12} = Q. 14,299.68$$

Costos operativos mensual

$$COM = \frac{\sum_{n=1}^n C_n^m}{12}$$

Donde:

COM = Costo operativo mensual

n = Clasificación de costo

m = Mes

Cálculo de muestra 14. Costo de personal mensual

Debido a la política de confidencialidad de salarios dentro de la empresa guatemalteca, el siguiente cálculo se lleva a cabo por medio de variables.

$$CPM = \sum_{n=1}^n (SBM + PTM)$$

Donde:

n = número de empleados

SBM = salario base mensual

PTM = prestaciones mensuales

$$CPM = Q.172,363.03$$

Cálculo de muestra 15. Costo de manufactura

El costo de manufactura se compone de la sumatoria de costo de personal, depreciación y costos operativos de la línea. El siguiente cálculo contempla la sumatoria de los tres componentes para un mes de producción.

$$CMM = Q.172,363.03 + Q.14,299.68 + Q.89,740.00 = Q.276,402.71$$

Donde:

CMM = Costo de manufactura mensual

Para la obtención del costo de manufactura por unidad se dividen los costos dentro de las unidades producidas al mes. Dicho valor no se revelará debido a la confidencialidad de la empresa.

$$CMU = \frac{CMM}{UPM}$$

$$CMU = Q.0.43$$

Donde:

CMU = Costo de manufactura por unidad

UPM = Unidades producidas mensualmente

Cálculo de muestra 16. Ahorro anual para la línea de producción

Debido a la confidencialidad de los costos de manufactura actuales de la empresa y su maquilador de galletas, el siguiente cálculo se llevará a cabo por medio de variables.

$$AHM = (PYV * CMA * UPC) - (PYV * CMP * UPC) + AHD$$

$$Ahorro\ anual = AHM * 12$$

$$Ahorro\ anual = Q.548,736.09$$

Donde:

AHM = Ahorro mensual
PYV = Proyección de venta en cajas
CMA = Costo de manufactura actual
UPC = Unidades por caja
CMP = Costo de manufactura propuesta
AHD = Ahorros adicionales

Cálculo de muestra 17. Período de retorno de la inversión

$$PRI = \frac{\text{Ahorro anual}}{\text{Inversión de capital}}$$

$$PRI = \frac{Q.548,736.09}{Q.3,431,923.79}$$

$$PRI = 6.25 \text{ años}$$

Donde:

PRI = Período de retorno de la inversión

Cálculo de muestra 18. Utilidad de socios

$$UDS = AHR - 10\% * INVC - DPN$$

$$UDS = Q.33,947.52$$

Donde:

UDS = Utilidad de socios
AHR = Ahorro anual
INVC = Inversión de capital
DPN = Depreciación anual

Cálculo de muestra 19. Retorno de capital invertido

$$ROIC = \frac{\text{Ahorro anual}}{\text{Inversión}} * 100\%$$

$$ROIC = 15.99\%$$

Donde:

ROIC = Retorno de capital invertido

D. Encuesta panel sensorial

Anexo 50. Encuesta para panel sensorial de galletas de avena

Panel sensorial galletas de avena


Universidad del Valle de Guatemala
Guatemala, 11 de agosto del 2022

Es necesario que lea este consentimiento antes de continuar.

Se desea realizar un estudio en donde se considera que usted es apto para participar, siempre y cuando no presente algún inconveniente al consumir los siguientes alérgenos: gluten, soya, lácteos o algún fruto seco, especialmente el maní. Este estudio consiste en probar cuatro galletas de avena y usted deberá llenar el cuestionario google forms adjunto calificando la galleta en general, tanto como su apariencia, textura y sabor.

La actividad es de carácter voluntario, por lo que si desea retirarse de la actividad, puede hacerlo en cualquier momento. Al terminar el estudio, puede hacer cualquier tipo de pregunta si así lo desea y recibirá su recompensa por participar.

Bienvenido a nuestro panel sensorial de galletas de avena. Este panel tiene una duración aproximada de 10 minutos, ¡Gracias por participar!

gon18166@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#) 

*Obligatorio

Correo *

Tu dirección de correo electrónico

Fuente: Google Forms, 2022

Nombre *

Tu respuesta _____

Número de panelista *

Tu respuesta _____

¿Con qué frecuencia consume galletas? *

Una vez a la semana

Más de una vez a la semana

Dos veces al mes

Otro: _____

Instrucciones

A continuación recibirá cuatro muestras de galletas de avena. Deguste de izquierda a derecha, respondiendo lo que se le solicita, recuerde tomar un sorbo de agua entre cada muestra para limpiar su paladar. Si tiene dudas, encienda la luz para indicárselo al auxiliar.

Fuente: Google Forms, 2022

Galletas de avena

Ingrese el código de la muestra *

Tu respuesta

¿Cuánto le gusta la muestra en general? *

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra? *

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fuente: Google Forms, 2022

¿Cuánto le gusta la textura de la muestra? *

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra? *

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Atrás

Siguiente

Borrar formulario

Fuente: Google Forms, 2022

Por favor, ordene de acuerdo a CUÁNTO LE GUSTÓ cada muestra, siendo 4 "la que le gusta **MÁS**" y 1 "la que le gusta **MENOS**". *

	4. Muestra que me gustó más	3. Muestra que me gustó en segundo lugar.	2. Muestra que me gustó en tercer lugar	1. Muestra que me gustó menos
265	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
638	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
492	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
849	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Atrás

Siguiente

Borrar formulario

¡Gracias por su participación!

Encienda la luz para comunicarle al auxiliar que ha terminado de degustar.

Muchas gracias por participar. **No olvide presionar ENVIAR al finalizar.**

Atrás

Enviar

Borrar formulario

Fuente: Google Forms, 2022

E. Tablas adicionales

Anexo 51. Tabla de Prueba de Basker y Kramer “Valor crítico de diferencia entre suma de categorías”

Número de panelistas	Número de productos								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	8.8	14.8	21.0	27.3	33.7	40.3	47	53.7	60.6
21	9.0	15.2	21.5	28.0	34.6	41.3	48.1	55.1	62.1
22	9.2	15.5	22.0	28.6	35.4	42.3	49.2	56.4	63.5
23	9.4	15.9	22.5	29.3	36.2	43.2	50.3	57.6	65.0
24	9.6	16.2	23.0	29.3	36.9	44.1	51.4	58.9	66.4
25	9.8	16.6	23.5	29.9	37.7	45.0	52.5	60.1	67.7
26	10.0	16.9	23.9	30.5	38.4	45.9	53.5	61.3	69.1
27	10.2	17.2	24.4	31.1	39.2	46.8	54.6	62.4	70.4
28	10.4	17.5	24.8	31.7	39.9	47.7	55.6	63.6	71.7
29	10.6	17.8	25.3	32.3	40.6	48.5	56.5	64.7	72.9
30	10.7	18.2	25.7	32.8	41.3	49.3	57.5	65.8	74.2
31	10.9	18.5	26.1	33.4	42.0	50.2	59.4	66.9	75.4
32	11.1	18.7	26.5	34.0	42.6	51.0	60.3	60.3	76.6
33	11.3	19.0	26.9	35.0	43.3	51.7	61.2	69.0	77.8
34	11.4	19.3	27.3	35.6	44.0	52.5	62.1	70.1	79.0
35	11.6	19.6	27.7	36.1	44.6	53.3	63	71.1	80.1
36	11.8	19.9	28.1	36.6	45.2	54.0	63.9	72.1	81.3
37	11.9	20.2	28.5	37.1	45.9	54.8	64.7	73.1	82.4
38	12.1	20.4	28.9	37.6	46.5	55.5	67.2	74.1	83.5
39	12.2	20.7	29.3	38.1	47.1	56.3	65.6	75.0	84.6
40	12.4	21.0	29.7	38.6	47.7	57.0	66.4	76.0	85.7
41	12.6	21.2	30.0	39.1	48.3	57.7	67.2	76.9	86.7
42	12.7	21.5	30.4	39.5	48.9	58.4	68	77.9	87.8
43	12.9	21.7	30.8	40.0	49.4	59.1	68.8	78.8	88.8
44	13.0	22.0	31.1	40.5	50.0	59.8	69.6	79.7	89.9
45	13.1	22.2	31.5	40.9	50.6	60.4	70.4	80.6	90.9
46	13.3	22.5	31.8	41.4	51.1	61.1	71.2	81.5	91.9
47	13.4	22.7	32.2	41.8	51.7	61.8	72	82.4	92.1
48	13.6	23.0	32.5	42.3	52.2	62.4	72.7	83.2	93.8
49	13.7	23.2	32.8	42.7	52.8	63.1	73.5	84.1	94.8
50	13.9	23.4	33.2	43.1	53.3	63.7	74.2	85.0	95.8
55	14.5	24.6	34.8	45.2	55.9	66.8	77.9	89.1	100.5
60	15.2	25.7	36.3	47.3	58.4	69.8	81.3	93.1	104.9
65	15.8	26.7	37.8	49.2	60.8	72.6	84.6	96.9	109.2
70	16.4	27.7	39.2	51.0	63.1	75.4	87.8	100.5	113.3
80	17.5	29.6	42.0	54.6	67.4	80.6	93.9	107.5	121.2
90	18.6	31.4	44.5	57.9	71.5	85.5	99.6	114.0	128.5
100	19.6	33.1	46.9	61.0	75.4	90.1	105	120.1	135.5
110	20.6	34.8	49.2	64.0	79.1	94.5	110.1	126.0	142.1
120	21.5	36.3	51.4	66.8	82.6	98.7	115	131.6	148.4

Fuente: Lawless, 1998

Anexo 52. Tabla de valores críticos de distribución chi cuadrado (X²)

Alpha	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
df					
1	2.71	3.84	5.02	6.64	7.88
2	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	6.25	7.82	9.35	11.35	12.84
4	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86
5	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75
6	10.65	12.59	14.45	16.81	18.55
7	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	13.36	15.51	17.54	20.09	21.96
9	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	17.28	19.68	21.92	24.73	26.76
12	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14	21.06	23.69	26.12	29.14	31.32
15	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
17	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72
18	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
19	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58
20	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00
21	29.62	32.67	35.48	38.93	41.40
22	30.81	33.92	36.78	40.29	42.80
23	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18
24	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56
25	34.38	37.65	40.65	44.31	46.93
26	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29
27	36.74	40.11	43.20	46.96	49.65
28	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99
29	39.09	42.56	45.72	49.59	52.34
30	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	51.81	55.76	59.34	63.69	66.77
50	63.17	67.51	71.42	76.15	79.49
60	74.40	79.08	83.30	88.38	91.95
70	85.53	90.53	95.02	100.43	104.22
80	96.58	101.88	106.63	112.33	116.32
90	107.57	113.15	118.14	124.12	128.30
100	118.50	124.34	129.56	135.81	140.17

Anexo 53. Propiedades del aire a la presión de 1 atm.

TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., $T, ^\circ\text{C}$	Densidad, $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico, $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica, $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Fuente: Cengel, 2011

Anexo 54. Emisividades de las superficies

TABLA A-18

Emisividades de las superficies

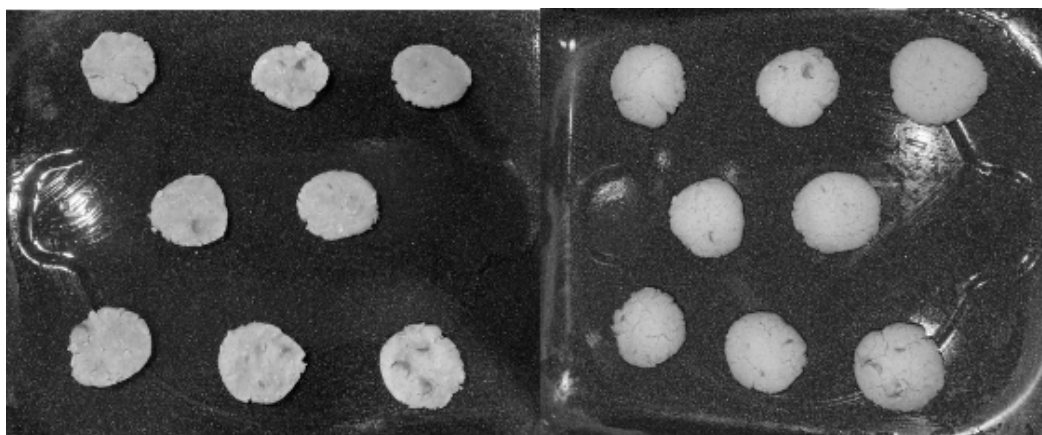
a) Metales

Material	Temperatura, K	Emisividad, ε	Material	Temperatura, K	Emisividad, ε
Aluminio			Magnesio pulido	300-500	0.07-0.13
Pulido	300-900	0.04-0.06	Mercurio	300-400	0.09-0.12
Lámina comercial	400	0.09	Molibdeno		
Intensamente oxidado	400-800	0.20-0.33	Pulido	300-2 000	0.05-0.21
Anodizado	300	0.8	Oxidado	600-800	0.80-0.82
Bismuto brillante	350	0.34	Níquel		
Latón			Pulido	500-1 200	0.07-0.17
Intensamente pulido	500-650	0.03-0.04	Oxidado	450-1 000	0.37-0.57
Pulido	350	0.09	Platino pulido	500-1 500	0.06-0.18
Placa mate	300-600	0.22	Plata pulida	300-1 000	0.02-0.07
Oxidado	450-800	0.6	Acero inoxidable		
Cromo pulido	300-1 400	0.08-0.40	Pulido	300-1 000	0.17-0.30
Cobre			Ligeramente oxidado	600-1 000	0.30-0.40
Intensamente pulido	300	0.02	Intensamente oxidado	600-1 000	0.70-0.80
Pulido	300-500	0.04-0.05	Acero		
Lámina comercial	300	0.15	Lámina pulida	300-500	0.08-0.14
Oxidado	600-1 000	0.5-0.8	Lámina comercial	500-1 200	0.20-0.32
Oxidado en negro	300	0.78	Intensamente oxidado	300	0.81
Oro			Estaño pulido	300	0.05
Intensamente pulido	300-1 000	0.03-0.06	Tungsteno		
Hoja brillante	300	0.07	Pulido	300-2 500	0.03-0.29
Hierro			Filamento	3500	0.39
Intensamente pulido	300-500	0.05-0.07	Zinc		
Hierro fundido	300	0.44	Pulido	300-800	0.02-0.05
Hierro forjado	300-500	0.28	Oxidado	300	0.25
Aherrumbrado	300	0.61			
Oxidado	500-900	0.64-0.78			
Plomo					
Pulido	300-500	0.06-0.08			
No oxidado, áspero	300	0.43			
Oxidado	300	0.63			

Fuente: Cengel, 2011

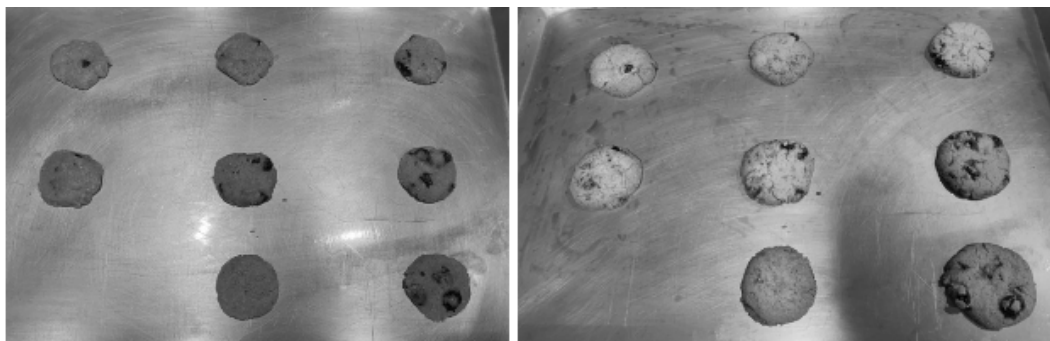
F. Imágenes

Anexo 55. Galletas de chocolate previo y posterior al proceso de horneado.



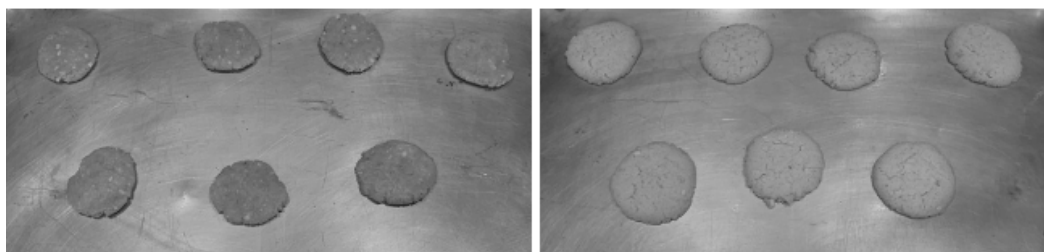
Fuente: Elaboración propia

Anexo 56. Galletas de pasas previo y posterior al proceso de horneado.



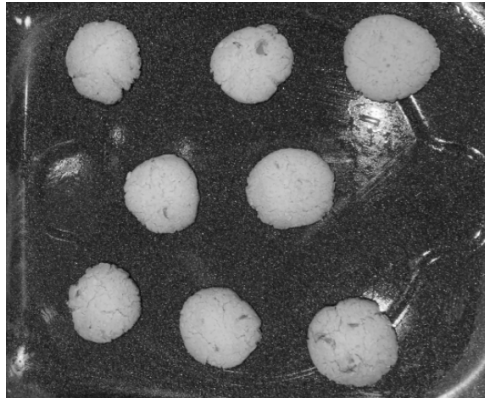
Fuente: Elaboración propia

Anexo 57. Galletas de maní previo y posterior al proceso de horneado.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 58. Galletas de manzana posterior al proceso de horneado



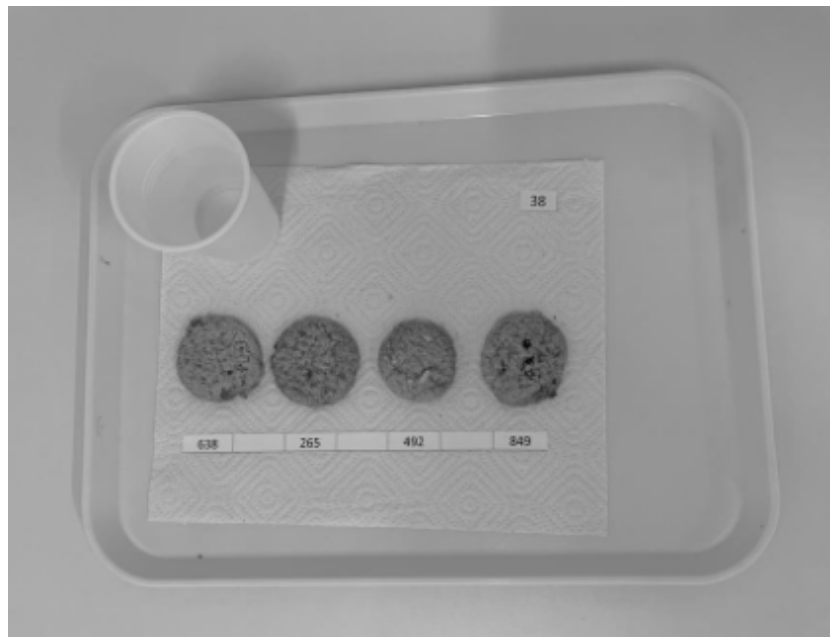
Fuente: Elaboración propia

Anexo 59. Invitación a participar al panel sensorial compartido a través de Comunidad UVG.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 60. Bandeja entregada a los panelistas



Fuente: Elaboración propia

Anexo 61. Área de preparación de bandejas



Fuente: Elaboración propia

Anexo 62. Bandejas listas para entrega a panelistas.



Fuente: Elaboración propia

XIII. GLOSARIO

Agente leudante: Ingredientes de las galletas que agregan suavidad y textura por medio de la liberación de CO₂.

Buenas prácticas de manufactura: condiciones de infraestructura y procedimientos establecidos para todos los procesos de producción y control de alimentos, bebidas y productos afines, con el objeto de garantizar la calidad e inocuidad de dichos productos según normas aceptadas internacionalmente

Capacidad calorífica: Cantidad de energía necesaria para elevar 1 K la temperatura de 1 mol de un material.

Cizallamiento: Esfuerzo cortante en el proceso de mezclado de la masa.

Conducción: Mecanismo de transferencia de calor que se da por contacto directo de sólidos.

Convección: Mecanismo de transferencia de calor que se da por la circulación natural o forzada de fluidos.

Costo de manufactura: Costo asociado a la producción de una unidad excluyendo materias primas y de empaque

Diagrama de operaciones: Diagrama que contempla el tiempo operaciones, almacenaje, inspecciones, etc de un proceso de producción

Elevador de bateas: Dispositivo o maquinaria que eleva tanque de mezclado.

Electrodo de chispa: Electrodo que lleva a cabo la combustión por medio de ignición de una chispa.

Embalaje: Empaque que brinda protección al producto para el transporte y almacenamiento

Emulsificante: Ingrediente en la formulación de galletas que incorpora las grasas y el agua.

Estiba: Distribución y colocación adecuada de una carga futura a transportar

Extrusión: Proceso de otorgar forma a una masa a través del paso por una abertura con un diseño específico.

Flow pack: Maquinaria de empaque para galletas que forma un tubo con el material de empaque flexible y lo atraviesa hasta llegar a la mordaza que delimita el principio y final del paquete

GLP: Gas licuado de petróleo

Merma: Pérdidas de masa atribuidas a un proceso.

Mordaza: Resistencia que sella mediante calor el empaque de un producto.

PRI: Periodo de retorno de la inversión

Quemador de cinta de gas: Quemador de forma tubular con agujeros que sacan una llama.

Radiación: Transferencia de energía por ondas electromagnéticas.

ROIC: Retorno de capital invertido

RTCA: Reglamento Técnico Centroamericano

Silos: Tanques de almacenamiento de sólidos que se transportan usualmente a granel.

Utilidad de socios: Valor agregado a los inversionistas de un proyecto.