



INFORME DE CONSULTORÍA:

Propuesta de mejora del producto pan bolita como aporte al diseño del sistema de gestión de calidad en la Panadería AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S

EQUIPO CONSULTOR:

Katherine Julieth Sierra Suárez

Zulay Yesenia Ramírez León

Zuleima Caterine García Aguilar.

Karen Dayana Gelvez Rodríguez.

Angie Daniela Rojas Vera.

**Docentes y estudiantes consultores del grupo de investigación SOLYDO de las
Unidades Tecnológicas de Santander**

Ingeniería industrial

Bucaramanga, noviembre de 2022

1 Contenido

1	Contenido	2
2	Resumen	5
3	Introducción	6
4	Revisión de la literatura.....	7
4.1	Identificación de ingredientes alternativos	7
5	Planteamiento del problema.....	8
6	Objetivos de la investigación	9
6.1	Objetivo General	9
6.2	Objetivos Específicos	9
7	Metodología	10
7.1.1	Modelo de programación lineal	10
7.2	Diseño del experimento.....	16
8	Resultados y productos.....	20
8.1	Resultados de la consultoría	20
8.1.1	Identificación de fórmulas alternativas.....	32
8.1.2	Propuesta de mejora (Fórmula óptima)	37
8.2	Productos derivados de la consultoría.....	37
9	Conclusiones y recomendaciones	38
10	Anexos	40
11	Bibliografía	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.....	10
Tabla 2.....	11
Tabla 3.....	11
Tabla 4.....	11
Tabla 5.....	12
Tabla 6.....	12
Tabla 7.....	13
Tabla 8.....	13
Tabla 9.....	13
Tabla 10.....	14
Tabla 11.....	15
Tabla 12.....	15
Tabla 13.....	17
Tabla 14.....	18
Tabla 15.....	19
Tabla 16.....	19
Tabla 17.....	20
Tabla 18.....	21
Tabla 19.....	21
Tabla 20.....	22
Tabla 21.....	22
Tabla 22.....	23
Tabla 23.....	24
Tabla 24.....	26
Tabla 25.....	26
Tabla 26.....	30
Tabla 27.....	30
Tabla 28.....	31
Tabla 29.....	32
Tabla 30.....	33
Tabla 31.....	34
Tabla 32.....	35
Tabla 33.....	36

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.....	27
ilustración 2.....	27
ilustración 3.....	28
Ilustración 4.....	28
Ilustración 5.....	29
ilustración 6.....	29

2 Resumen

El informe que se presenta a continuación corresponde al cierre de la consultoría de análisis y mejoramiento del producto pan bolita realizada en la Panadería AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S, que tiene como propósito presentar los resultados y el cumplimiento de los objetivos, los cuales están direccionados en aportar en el sistema de gestión de calidad de la empresa ya mencionada, la ejecución de ésta se desarrolló entre el 16 de agosto al 30 de noviembre del año 2022.

En primer lugar, se realizó la búsqueda de la panadería que cumpliera con todos los requisitos establecidos tanto legalmente como comercialmente (NIT, Cámara de comercio), una vez encontrada se dialogó con la dueña y chef de este establecimiento, firmando así un acuerdo de cooperación. Planteando como objetivos de minimizar costos y la realización de un pan, se conoció los ingredientes y precios que actualmente la panadería maneja, donde se obtuvo el diagrama de flujo y la descripción de la elaboración del pan bolita.

Se llevó a cabo la investigación de ingredientes sustitutos para implementar algunas variaciones directas en su receta, concluyendo que el cambio de marcas de cada uno de los productos nos daría como resultado el mejoramiento de los costos de inversión en cada uno de ellos y la reducción de los costos de transporte de una ciudad a otra. Además de esto, también el mejoramiento de las condiciones de los ingredientes ya que provee mejores condiciones nutricionales que terminan siendo beneficiosas para quien lo consuma.

Finalmente, se realizó el planteamiento diferentes modelos matemáticos, en los cuales se pueda implementar la nueva propuesta y el diseño del experimento a realizar de manera que defina el cómo y qué aspectos se deben tener en cuenta para conseguir resultados que se puedan analizar y poder concluir el experimento.

3 Introducción

Actualmente la mayoría de las personas se preocupan por su salud y la forma en que se alimentan debido a que algunos tienen una mala alimentación provocando así la obesidad o los demás por falta de nutrientes y proteínas sufren de desnutrición (Agencia AFP, 2021).

Uno de los alimentos más común en el mundo es el pan y al que todos tienen acceso, o la mayoría de las personas pueden adquirirlo. Además de ser un producto asequible, es muy versátil, pues lo podemos encontrar en muchas presentaciones y de diferentes maneras de elaborarlo; por ejemplo, está el pan integral, pan blanco, pan relleno, infinidad de combinaciones que pueden realizarse (OCU, 2019).

Es por ello que, en el siguiente proyecto, se realizarán diferentes modelos en los cuales se analizarán cuáles serán las variables óptimas para reemplazar durante el proceso de elaboración del pan bolita, en donde se podrá minimizar o maximizar según sea el objetivo planteado. Además, se procederá a experimentar con las variables establecidas reemplazando o combinando los diferentes ingredientes obteniendo una solución óptima.

La razón social de la empresa es AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S, está identificada con el NIT 901602258-5, pertenece al sector primario, su naturaleza es natural, es una microempresa con 10 empleados. AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S es una empresa colombiana, ubicada en Floridablanca, Santander. Esta panadería, se dedica a la fabricación de productos de panadería y pastelería; y a su vez brinda a sus clientes el servicio de desayuno o brunch en su local.

AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S actualmente cuenta con un proceso de elaboración del pan bolita para # panes, que se ofrecen en el servicio de brunch o se manejan por encargo, el valor agregado de este pan es que, al ser una panadería artesanal, todos sus productos o la mayoría son naturales, puros y sin conservantes. Cuenta con aproximadamente 25 acciones entre operaciones, demoras, transportes y con un tiempo aproximado de 12 horas para la elaboración del mismo como se muestra en el Anexo 1.

4 Revisión de la literatura

El pan como se mencionó anteriormente en la Introducción es un producto versátil, el cual se puede presentar y realizar de varias maneras, en este caso el proyecto se enfocará en la elaboración del pan bolita que realiza la empresa AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S. De manera que, buscando optimizar este proceso se realizó una investigación sobre que ingredientes podrían ser los sustitutos para la elaboración encontrando los mencionados en el apartado Identificación de ingredientes alternativos.

4.1 Identificación de ingredientes alternativos

- **Harina Centeno Original:** es un producto con alto contenido en carbohidratos de absorción lenta. Los carbohidratos complejos o de absorción lenta son muy beneficiosos para la salud, ya que evitan los picos de glucemia, generando más saciedad y regula los niveles de colesterol (AgroMiller, 2017). Esta harina contiene un bajo contenido en grasa y beneficia e incrementa calcio, hierro, sodio y magnesio (El Molino Verde, s.f.).
- **Harina de Coco:** La harina de coco es una harina libre de gluten, muy rica en fibra y baja en carbohidratos siendo ideal además de en dietas exentas del alérgeno en dietas paleo, keto, GAPS, SCD y «low carb». Es una harina con un altísimo porcentaje en fibra (Aparicio, 2022).
- **Harina de almendra:** Su contenido en grasas no saturadas la convierten en un alimento sano para las personas con colesterol alto. Las almendras, gracias a su contenido en vitamina E, son potentes antioxidantes que ayudan a mejorar la apariencia de la piel y protegen las células. Por su contenido en proteínas, representan una fuente sana de energía para deportistas, al mismo tiempo que los ayudan a no subir de peso. Y no contiene gluten (Valdés, 2020).
- **Panela Orgánica San Isidro:** es un producto con una granulometría fina, obtenido del proceso natural de la evaporación del jugo de caña panelera, no contiene colorantes, aditivos químicos, ni transgénicos. Juego de caña panelera ecológica, auxiliares de procesamiento: 8 zumo de balsa, carbonato de calcio de grado alimenticio, bicarbonato de sodio y aceite vegetal). Se utilizan estos aportes para la creación de la panela pulverizada orgánica (Panela San Isidro, s.f.).
- **PANELA PULVERIZADA ORGÁNICA FONCE:** Es un producto orgánico y nutritivo proveniente de la caña, para preparaciones de bebidas frías y calientes, también es ideal para repostería y culinaria.
- **Mantequilla Pura:** contiene más de 400 ácidos grasos diferentes, muchos de ellos, beneficios para nuestro organismo. Es rica en varias vitaminas, entre las que están la vitamina A, D, E, B12 y K2. La mantequilla contiene niveles mucho más elevados de vitaminas liposolubles que la leche de partida, alrededor de 20 veces más. Es más beneficiosa su uso ya que no tiene ningún procesamiento como tal, es directamente pura (Central Lechera Acturiana, 2021).

5 Planteamiento del problema

A continuación, se quiere identificar por medio de una visita a la Panadería AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S cual es el procedimiento, las variables, restricción o problemas que se puedan presentar en la elaboración del pan de bolita. La chef y la gerente facilitan la información necesaria y fundamental para comprender de igual manera que la situación actual que vive el país con los incrementos en las materias primas, en transporte y la economía global ha llevado que muchos productos tengan un incremento considerable en los bolsillos de los comerciantes y en los clientes a la hora de comprar.

En consecuencia, algunos comerciantes buscan productos de excelente calidad, pero a un precio asequible que no afecte demasiado los precios del mercado. En cuanto a las panaderías, han tomado la medida de reducir el tamaño del pan (Figueroa, 2022), de esta manera no se ve un incremento en su valor final. Así que se plantea la siguiente pregunta, ¿Cuáles variables o componentes del proceso se pueden cambiar, minimizar o eliminar para reducir costos de fabricación?

Por estos motivos se busca minimizar los costos de producción del pan de bolita, encontrando materias primas de igual calidad a menor costo que se puedan encontrar directamente en Bucaramanga ya que de esta manera estarían ahorrando precios en transporte de algunas materias primas.

También se quiere elaborar una nueva receta de pan donde se pueda optimizar un producto y observar los cambios que esto pueda ocasionar, contando con la opinión directa de los clientes sobre este nuevo producto. Analizando si sería viable para la empresa conservarlo o definitivamente se quedarían con su pan original.

6 Objetivos de la investigación

6.1 Objetivo General

Diseñar una fórmula óptima e innovadora para la fabricación del pan bolita en la Panadería AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S, utilizando para ello la metodología activa del aprendizaje basado en proyectos, con el fin aportar en el diseño del sistema de gestión de calidad de la Panadería AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S

6.2 Objetivos Específicos

Identificar estrategias por medio de una DOFA para mejorar la calidad del producto a un menor costo y así aportar en la mejora continua de sus procesos.

Investigar cuáles son los ingredientes por los cuales se pueden cambiar los actuales y generar una nueva receta que se pueda implementar

Identificar las diferentes variables, parámetros y restricciones en base a la indagación realizada mediante la programación lineal.

Plantear diferentes modelos de programación lineal para conocer las fórmulas alternativas que se pueden llevar a cabo en el experimento a realizar

Ejecutar cada una de las recetas generadas con base a los modelos de programación por medio un experimento previamente diseñado para identificar el óptimo y así fin aportar en el diseño del sistema de gestión de calidad de la Panadería AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S

7 Metodología

La metodología es de tipo correlacional con enfoque cuantitativo, se usa un método analítico con una técnica experimental.

Para realizar este proyecto se realizaron las siguientes fases:

- **Fase I**

En primer lugar, en esta fase se estableció cual sería la panadería en la cual se realizará el proyecto y realizar el acuerdo de cooperación. Seguidamente, se identificó el proceso del proceso de elaboración del pan, sus costos y sus reglas a seguir en la elaboración del mismo. Finalmente, en esta fase se investigó los ingredientes sustitutos en la elaboración del pan y definir cuáles pueden adaptarse a la propuesta.

- **Fase II:**

En esta fase se definieron aquellas variables, parámetros y restricciones según un análisis DOFA, que pueden funcionar para minimizar los costos de producción y optimización de los procesos para llegar a la mejora continua, Después de tener claros estos datos, se plantearon diferentes modelos matemáticos que cumplan con el fin de este proyecto.

- **Fase III:**

Se realizó diseño del experimento a realizar de manera que de defina el cómo se va a realizar y que aspectos se deben de tener en cuenta para conseguir resultados que se puedan analizar y poder concluir el experimento.

- **Fase IV:**

Se llevó a cabo el experimento, se tomaron los resultados obtenidos y se analizaron en herramientas estadísticas para uno resultados más efectivos y concretos.

7.1.1 Modelo de programación lineal

7.1.1.1 Análisis DOFA

Como primera instancia se realizó un análisis DOFA que permitirá identificar las estrategias para aportar en la mejora continua y así el sistema de gestión de calidad.



Fortalezas:

- Producto artesanal, natural y sin conservantes.
- Proceso de elaboración propio y con control de calidad.
- Experiencia y conocimiento de la chef y gerente.
- Certificados de consultoría e innovación.

Oportunidades:

- Interés de los consumidores por el cuidado estético y la alimentación saludable.
- Disponibilidad de ingredientes alternativos y de menor costo en el mercado local.
- Posibilidad de ampliar la línea de productos y la cartera de clientes.
- Alianzas con el grupo de investigación SOLYDO y otras entidades académicas.

Debilidades:

- Dependencia de la harina de trigo para la consistencia y el crecimiento del pan.
- Costos elevados de algunos ingredientes y de transporte.
- Baja diferenciación del producto frente a la competencia.
- Limitaciones de espacio y capacidad productiva.

Amenazas:

- Incremento de los precios de las materias primas y la energía.
- Entrada de nuevos competidores con productos similares o innovadores.
- Cambios en las preferencias y hábitos de consumo de los clientes.
- Normas sanitarias y ambientales más exigentes.

Estrategias de crecimiento: Se basan en aprovechar las fortalezas y las oportunidades para impulsar el desarrollo del negocio. Algunos ejemplos son:

Utilizar los certificados de consultoría e innovación como herramientas de marketing para atraer nuevos clientes y fidelizar a los existentes, resaltando la calidad y el valor agregado del producto.

Establecer alianzas estratégicas con el grupo de investigación SOLYDO y otras entidades académicas para acceder a recursos, conocimientos y redes que permitan mejorar el proceso y el producto, así como explorar nuevos mercados y nichos.

Ampliar la línea de productos con variedades de pan que incorporen ingredientes alternativos y saludables, como harina de centeno, panela orgánica o mantequilla pura, para satisfacer las necesidades y gustos de los consumidores.

Estrategias de defensa: Se basan en utilizar las fortalezas para contrarrestar las amenazas y proteger el negocio. Algunos ejemplos son:

Mantener y reforzar el proceso de elaboración propio y el control de calidad, para garantizar la seguridad y la inocuidad del producto, cumpliendo con las normas sanitarias y ambientales vigentes.

Diferenciar el producto de la competencia, resaltando su carácter artesanal, natural y sin conservantes, así como la experiencia y el conocimiento de la chef y gerente, que le dan un sello distintivo y de confianza.

Fidelizar a los clientes actuales, ofreciéndoles un servicio personalizado, una atención de calidad y beneficios exclusivos, como descuentos, promociones o programas de lealtad.

Estrategias de adaptación: Se basan en aprovechar las oportunidades y superar las debilidades para ajustarse al entorno y mejorar el negocio. Algunos ejemplos son:

Buscar proveedores locales que ofrezcan ingredientes de calidad y a menor costo, para reducir los gastos de transporte y aumentar el margen de ganancia.

Investigar y experimentar con diferentes proporciones de harina de trigo y otros tipos de harina, para lograr un equilibrio entre la consistencia, el sabor y el valor nutricional del pan, sin perder su identidad.

Ampliar el espacio y la capacidad productiva, mediante la adquisición o el alquiler de maquinaria, equipos o instalaciones, para atender la demanda y optimizar el proceso.

Estrategias de supervivencia: Se basan en minimizar las debilidades y evitar las amenazas para mantener el negocio y evitar el fracaso. Algunos ejemplos son:

Reducir los costos fijos y variables, mediante la renegociación de contratos, la optimización de recursos o la disminución de gastos innecesarios, para mejorar la rentabilidad y la liquidez.

Diversificar las fuentes de ingresos, mediante la oferta de servicios complementarios, como desayunos, brunch, catering o cursos de panadería, para generar valor agregado y atraer nuevos clientes.

Monitorear el mercado y la competencia, mediante la realización de estudios, encuestas o análisis, para anticiparse a los cambios, identificar las tendencias y adaptarse a las necesidades y gustos de los consumidores.

7.1.1.2 Variables

Según el análisis DOFA, este proyecto se enfocará en las estrategias de adaptación por medio de la programación lineal y diseño de experimentos.

Para el planteamiento del modelo de programación lineal se analizó la fórmula actual del pan bolita y se encontraron variables, parámetros, restricciones que dieron lugar al planteamiento de modelos que generaron fórmulas alternativas.

En la Tabla 1 se muestran las variables identificadas para el modelo 1

PRODUCTOS TRADICIONALES		PRODUCTOS SUSTITUTOS	
A1	Harina Molino San Miguel	B1	Harina Carolina Centeno
A2	Panela Pulverizada Oiba	B2	Panela Pulverizada
A3	Refisal		
A4	Masa madre		
A5	Huevos Mac Pollo		
A6	Agua		
A7	Mantequilla Criolla Boyacá	B7	Mantequilla

Tabla 1

En la Tabla 2 se muestran las variables identificadas para el modelo 2

PRODUCTOS TRADICIONALES		PRODUCTOS SUSTITUTOS	
A1	Harina Molino San Miguel	B1	Harina Carolina Centeno
A2	Panela Pulverizada Oiba	B2	Panela Pulverizada
A3	Refisal		
A4	Masa madre		
A5	Huevos Mac Pollo	B5	Huevos Aviscon
A6	Agua		
A7	Mantequilla Criolla Boyacá		

Tabla 2

7.1.1.3 Parámetros

En la Tabla 3 se muestran los parámetros establecidos para el modelo 1

PRODUCTOS TRADICIONALES		PRECIO POR GRAMO	PRODUCTOS SUSTITUTOS		PRECIO POR GRAMO
A1	\$1790 Libra	3,58	B1	\$5700 Libra	11,4
A2	\$2500 Libra	5	B2	\$4000 Libra	8
A3	\$1300 Libra				
A4	Propia, así que se le da el valor de 1	1			
A5	\$600 unidad	600			
A6	Se le da el valor de 1	1			
A7	\$9000 Libra	18	B7	\$7200 Libra	14,4

Tabla 3

En la Tabla 5 se muestran los parámetros establecidos para el modelo 2

PRODUCTOS TRADICIONALES		PRECIO POR GRAMO	PRODUCTOS SUSTITUTOS	
A1	\$1790 Libra	3,58	B1	\$5700 Libra
A2	\$2500 Libra	5	B2	\$4000 Libra
A3	\$1300 Libra			
A4	Propia, así que se le da el valor de 1	1		
A5	\$600 unidad	600	B5	Huevo Tradicional
A6	Se le da el valor de 1	1		
A7	\$9000 Libra	18		

Tabla 4

7.1.1.4 Restricciones.

La Tabla 5 muestra las restricciones que se establecieron para el modelo 1, seguida de la Tabla 6 con las restricciones para el modelo 2.

Harina cantidad	1000g
Panela cantidad	240g
Mantequilla cantidad	40g
Harina precio	\$11.400
Panela cantidad	\$ 5.040
Mantequilla cantidad	\$ 920

Tabla 5

Harina cantidad	1000g
Panela cantidad	120g
Huevo Cantidad	1 und
Harina precio	\$3000
Panela cantidad	\$ 2500
Huevo Precio	\$ 600

Tabla 6

7.1.1.5 Modelos

MODELO 1

Este modelo se plantea con el fin de combinar dos tipos de harina, en este caso la tradicional A1 que utiliza la panadería con la harina de centeno B1, además también combinar la mantequilla y la panela, cada una con dos tipos con el fin de minimizar los costos de producción del pan. Se estima que este modelo sea para la producción de 10 panes de 100g cada uno. A continuación la Tabla 7 presenta el modelo planteado

INGREDIENTES	PRECIO POR GRAMO	PROTEINAS	CANTIDAD MÁXIMA	PRECIO MÁXIMO
A1 Harina Molino San Miguel	3,58	0,01	1000g Harina	\$11.400
A2 Panela Oiba	5		240g Panela	\$5.040
A7 Mantequilla Boyacá	18	0,0012	40g Mantequilla	\$920
B1 Harina de Centeno	11,4	0,075		
B2 Panela Pulverizada	8			
B7 Mantequilla	14,4	0,09		

RESTRICCIONES	
CANTIDADES	
Harina cantidad	$A1+B1=1000g$
	$B1=1/4 A1$
Panela cantidad	$A2+B2=240g$
Mantequilla cantidad	$A7+B7=40g$
PRECIO	
Harina precio	$3,58 A1+ 11,4 B1 \leq 3000$
Panela cantidad	$5 A2+ 8 B2 \leq 2500$
Mantequilla cantidad	$18 A7+ 14,4 B7 \leq 5000$
PROTEINAS	
Proteínas en total	$9 \geq 0,01A1+0,0012A7+0,075B1+0,09B7 \leq 90$
No negatividad	$A1, A2, A7, B1, B2, B7 \geq 0$

Tabla 7

La solución óptima que se obtiene al ingresar este modelo en la herramienta Solver arroja la solución mostrada en las tablas Tabla 8 y Tabla 9.

RESULTADOS	
A1	800
A2	0
A7	0
B1	200
B2	240
B7	40

Tabla 8

FUNCION OBJETIVO		7640
Harina	$1000=$	1000
Panela	$240=$	240
Mantequilla	$40=$	90
PROTEINAS	$26,6 \leq$	90
	$26,6 \geq$	9
Precio total	$7640 \leq$	8000
Precio harina	$5144 \leq$	11.400
Precio panela	$1920 \leq$	5.040
Precio mantequilla	$576 \leq$	920

Tabla 9

MODELO 2

El siguiente modelo se plantea con el fin de combinar dos tipos de harina, en este caso la tradicional A1 que utiliza la panadería con la harina de centeno B1, además también combinar la panela reduciendo su cantidad a la mitad y utilizar una menor cantidad de huevo y como se mencionó anteriormente en el modelo 1, poder minimizar los costos de producción del pan. Se estima que este modelo sea para la producción de 10 panes de 100g cada uno. A continuación, la

RESTRICCIONES	
CANTIDADES	
Harina cantidad	$A1+B1=1000g$
Harina Centeno	$B1=1/3 A1$
Panela cantidad	$A2+B2=120g$
Panela	$B2=1/2 A2$
Huevos cantidad	$A7+B7=50g$
PRECIO	
Harina precio	$3,58 A1+ 11,4 B1 \leq 3000$
Panela precio	$5 A2+ 8 B2 \leq 2500$
Huevos precio	$10 A7+ 8,33 B7 \leq 500$
CALORIAS	
Calorías en total Harina	$346 \leq 3460$
Calorías Panela	$265 \leq 2650$
Calorías Huevo	$49 \leq 490$
No negatividad	$A1, A2, A5, B1, B2, B5 \leq 0$

Tabla 10 presenta el modelo planteado

	INGREDIENTES	PRECIO POR GRAMO	CALORIAS	CANTIDAD MAXIMA	PRECIO MAXIMO
A1	HARINA MOLINO SAN MIGUEL	3,58	346	1000	11400
A2	PANELA OIBA	5	265	120	5040
A5	HUEVOS CRIOLLO MAC POLLO	10	49	60	500
B1	HARINA DE CENTENO	11,4	328		
B2	PANELA PULVERIZADA	8	110		
B5	HUEVO	8,33	74		

RESTRICCIONES	
CANTIDADES	

Harina cantidad	$A1+B1=1000g$
Harina Centeno	$B1=1/3 A1$
Panela cantidad	$A2+B2=120g$
Panela	$B2=1/2 A2$
Huevos cantidad	$A7+B7=50g$
PRECIO	
Harina precio	$3,58 A1+ 11,4 B1 \leq 3000$
Panela precio	$5 A2+ 8 B2 \leq 2500$
Huevos precio	$10 A7+ 8,33 B7 \leq 500$
CALORIAS	
Calorías en total Harina	$346 \leq 3460$
Calorías Panela	$265 \leq 2650$
Calorías Huevo	$49 \leq 490$
No negatividad	$A1, A2, A5, B1, B2, B5 \leq 0$

Tabla 10

Al ingresar el modelo 2 en la herramienta Solver arroja los siguientes resultados mostrados en las tablas Tabla 11 y Tabla 12.

A1	750
A2	80
A5	0
B1	250
B2	40
B5	60

Tabla 11

RESTRICCIONES	FUNCION OBJETIVO			
	MIN	Z	7503	
	SUJETO A:			
	HARINA	5535	\leq	11400
	PANELA	720	\leq	960
	HUEVO	500	\leq	500
	HARINA	1000	=	1000
	PANELA	120	=	120
	HUEVO	60	=	60
	C HARINA	346	\leq	3460
	C PANELA	265	\leq	2650
	C HUEVO	49	\leq	490

B1	250	=	250
B2	40	=	40

Tabla 12

7.1.1.6 Fórmulas alternativas

Las siguientes ecuaciones corresponden a las fórmulas alternativas del modelo 1

$$\text{Min } Z = 3,58A1 + 21A2 + 23A7 + 11,4B1 + 8B2 + 14,4B7$$

S. a:

$$A1 + B1 = 1000G$$

$$B1 = \frac{1}{4} A1$$

$$A2 + B2 = 240G$$

$$A7 + B7 = 40G$$

$$3,58 A1 + 11,4 B1 \leq 11.400$$

$$21A2 + 8 B2 \leq 5.040$$

$$23A7 + 14,4 B7 \leq 920$$

Las siguientes ecuaciones corresponden a las fórmulas alternativas del modelo 2

$$\text{Min } Z = 3,58A1 + 5A2 + 10 A5 + 11,4B1 + 8B2 + 8,33B5$$

S. a

$$A1 + B1 = 1000G$$

$$A2 + B2 = 120G$$

$$B1 = \frac{1}{3} A1$$

$$A5 + B5 = 60$$

$$B2 = \frac{1}{2} A2$$

$$3,58A1 + 11,4B1 \leq 11400$$

$$5A2 + 8B2 \leq 960$$

$$0,6A5 + 0,5B5 \leq 500$$

CALORIAS

$$\text{HARINA } 346 \leq 3460$$

$$\text{PANELA } 265 \leq 2650$$

$$\text{HUEVO } 49 \leq 490$$

7.2 Diseño del experimento

El diseño experimental tiene como fin probar las fórmulas alternativas de elaboración del pan, en este caso 3 recetas las cuales servirán para definir cuál de ellas es la óptima para la empresa y cuál es la que mayor aceptación por parte del público tiene.

La realización de este experimento se llevará a cabo el día 12 de noviembre del año 2022.

7.2.1.1 Factores

El factor que se utilizara son las 3 recetas que se plantearon desde el principio, la receta original de la empresa y las otras dos se plantearon en base a los modelos de programación lineal.

FACTOR 1: Recetas

7.2.1.2 Niveles

RECETAS

- Receta 1
- Receta 2
- Receta 3

7.2.1.3 Perturbadores conocidos

Temperatura del horno
Tamaño de la bandeja
Temperatura ambiente
Peso del pan

7.2.1.4 Variable Respuesta

Para este experimento se va a obtener como resultado la aceptación del pan, mediante unos valores en escala de 1 a 5 en donde se evaluarán diferentes aspectos, como se muestra en la Tabla 13.

	CALIFICACIONES (VALORES)				
NIVELES	MALO	REGULAR	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
SABOR	1	2	3	4	5
TEXTURA	1	2	3	4	5
TAMAÑO	1	2	3	4	5
SUAVIDAD	1	2	3	4	5

Tabla 13

7.2.1.5 Unidades experimentales

Porciones de pan de 10g que se repartirán a los trabajadores del departamento de Col Pool de Atento del horario de la madrugada, sector 1. En total 15 trabajadores.

7.2.1.6 Diseño experimental

Diseño Factorial

7.2.1.7 Tamaño de muestra

Para encontrar el tamaño de la muestra es necesaria la utilización de la ecuación:

$$n = \frac{2(t_{(0.025, k \times n - k)})^2 \sigma^2}{(d_T)^2}$$

con los valores obtenidos, donde:

$$k = 2$$

$$n_0 = 5$$

$$\sigma = 7$$

$$d_T = 10$$

$$n = \frac{2(t_{(0.025, 8)})^2 (7)^2}{(10)^2}$$

$$n = \frac{2(2.30600414)^2 (7)^2}{(10)^2}$$

$$n = 5.211$$

Como resultado se obtuvo que el tamaño de la muestra será de 5 panes por receta.

7.2.1.8 Orden de las corridas

MODELO 1: Primera receta (X, Receta combinada)

MODELO 2: Segunda receta (Y, Receta huevo)

MODELO 3: Receta actual (Z)

La Tabla 14 muestra las réplicas que se van a realizar por cada receta. Así mismo la Tabla 15 muestra el orden de las corridas.

RECETA	REPLICA				
X	X1	X2	X3	X4	X5
Y	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Z	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5

Tabla 14

ORDEN	RECETA
1	Z1
2	Y3
3	X5
4	X1
5	Y2
6	Z4
7	Z2
8	Y1
9	X3
10	X2
11	Z5
12	Y4
13	X4
14	Z3
15	Y5

Tabla 15

7.2.1.9 Formación de bloques

Para este experimento se decidió formar bloques con el tipo de amasado, en este caso en la amasadora y manualmente (con rodillo). Cada una de las recetas se realizará con los dos tipos de amasado como se muestra en la Tabla 16, con el fin de analizar si este factor influye en la aceptación del pan o no.

RECETA	AMASADO
1	Amasadora
	Rodillo
2	Amasadora
	Rodillo
3	Amasadora
	Rodillo

Tabla 16

8 Resultados y productos

En esta sección se presentan los resultados de la consultoría realizada para la empresa AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S y los productos de investigación que fueron generados.

8.1 Resultados de la consultoría

Se realizó el experimento y sus resultados fueron analizados por medio de varias herramientas y cuyos resultados se muestran a continuación en la Tabla 16

Receta	Amasado	Aceptación (calificación del pan)
3	1	4,5
2	1	4,25
1	1	2,5
1	2	2,5
2	2	3,75
3	2	3,75
3	1	4,5
2	1	3,75
1	1	2,75
1	2	2,5
3	2	3,75
2	2	4
1	1	1,25
3	1	4,25
2	1	3,5

Tabla 17

La Tabla 18 muestra los estadísticos descriptivos mostrando su media y su desviación, donde se evidencia que la receta combinada muestra una desviación mayor con un valor del 0,59687.

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS				
VARIABLE DEPENDIENTE: Aceptación del pan				
Tipo de receta	Tipo de amasado	Media	Desviación	N
Receta combinada	Máquina	2,1667	0,80364	3
	Manual	2,5000	0,00000	2
	Total	2,3000	0,59687	5

Receta huevo	Máquina	3,8333	0,38188	3
	Manual	3,8750	0,17678	2
	Total	3,8500	0,28504	5
Receta actual	Máquina	4,4167	0,14434	3
	Manual	3,7500	0,00000	2
	Total	4,1500	0,37914	5
Total	Máquina	3,4722	1,10711	9
	Manual	3,3750	0,68465	6
	Total	3,4333	0,93287	15

Tabla 18

Al observar el estadístico descriptivo que se obtuvo del análisis de las recetas con cada bloque de amasado, se obtienen los datos de la media y la desviación estándar que presenta cada receta respecto a los dos bloques que se implementaron.

A continuación, la Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño: Intersección + Receta + Amasado

Tabla 19 muestra la prueba de igualdad de Levene

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a			
Variable dependiente: Aceptación del pan			
F	gl1	gl2	Sig.
,893	5	9	,525

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño: Intersección + Receta + Amasado

Tabla 19

La hipótesis no se rechaza ya que su significancia es de 0.525% por ende se cumple el supuesto de homocedasticidad.

Seguidamente la tabla Tabla 20 muestra las pruebas de efectos inter- sujetos (ANOVA) donde se concluye que la hipótesis se rechaza ya que ninguna receta es igual, siendo así la receta actual más aceptada

PRUEBAS DE EFECTOS INTER- SUJETOS						
VARIABLE DEPENDIENTE: Aceptación del pan						
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Intersección	168,784	1	168,784	810,409	<,001	0,987
Receta	9,858	2	4,929	23,667	<,001	0,811
Amasado	0,034	1	0,034	0,163	0,694	0,015
Error	2,291	11	0,208			
Total	189,000	15				

Tabla 20

Basándose en el análisis anova se observa que la hipótesis se rechaza ya que su significancia es menor al 0,05% lo que quiere decir que los panes son complementa mente diferente pero que también puede haber uno semejante al otro. En cuanto al amasado se observa que no existe significancia por lo cual podemos concluir que no importa con que bloque se realice el proceso de amasado del pan la variación de los resultados se espera que sea mínima.

En el análisis de medias marginales estimadas se realizó según el tipo de receta, donde se realizaron estimados, comparaciones y pruebas univariadas para conocer la significancia. Las tablas Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23 muestran los resultados.

ESTIMACIONES				
VARIABLE DEPENDIENTE: Aceptación del pan				
Tipo de receta	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Receta combinada	2,290	0,206	1,838	2,743
Receta huevo	3,840	0,206	3,388	4,293
Receta actual	4,140	0,206	3,688	4,593

Tabla 21

Se observa que las medias de la receta combinada y la receta actual de la panadería presentan una gran diferencia entre sus medias mientras que la receta huevo y la receta actual se podría decir que son semejantes. Las significancias de las tres recetas son superiores al 0.5% que es el porcentaje de significancia por lo cual las tres recetas son aceptadas, cada una de ellas cumplen con la distribución normal y se entiende que la receta actual tiene la mayor aceptación entre las tres.

COMPARACIONES POR PAREJAS					
VARIABLE DEPENDIENTE: Aceptación del pan					
(I) Tipo de receta	(J) Tipo de receta	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b
					Límite inferior
Receta combinada	Receta huevo	-1,550 [*]	0,289	<,001	-2,185
	Receta actual	-1,850 [*]	0,289	<,001	-2,485
Receta huevo	Receta combinada	1,550 [*]	0,289	<,001	0,915
	Receta actual	-,300	0,289	,321	-,935
Receta actual	Receta combinada	1,850 [*]	0,289	<,001	1,215
	Receta huevo	0,300	0,289	0,321	-,335

COMPARACIONES POR PAREJAS		
VARIABLE DEPENDIENTE: Aceptación del pan		
(I) Tipo de receta	(J) Tipo de receta	95% de intervalo de confianza para diferencia
		Límite superior
Receta combinada	Receta huevo	-,915
	Receta actual	-1,215
Receta huevo	Receta combinada	2,185
	Receta actual	0,335
Receta actual	Receta combinada	2,485

	Receta huevo	0,935
--	--------------	-------

Tabla 22

Se analizaron los tipos de recetas entre ellas para comprobar sus significancias obteniendo la receta que mejor se adapta a las condiciones. La receta actual y la receta huevo son las mejores en este caso ya que las dos son no significativas por lo cual se acepta sabiendo que las dos recetas son semejantes entre sí, mientras que las comparaciones de las medias de estas recetas con la receta combinación se rechazan siendo significativas por lo tanto se procede a escoger la mejor entre las dos recetas obteniendo la receta actual como la mejor y la que tiene más aceptabilidad.

PRUEBAS UNIVARIADAS						
VARIABLE DEPENDIENTE: Aceptación del pan						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Contraste	9,858	2	4,929	23,667	<,001	,811
Error	2,291	11	,208			

Tabla 23

Por otro lado, la prueba univariada muestra una significancia del 0.001 lo que significa que se rechaza la hipótesis y que los efectos de los tratamientos de las recetas son iguales. Por lo que se buscan las recetas que son semejantes con la comparación de sus medias.

A continuación, las tablas Tabla 24 y Tabla 25 muestran las pruebas host hoc con comparaciones múltiples y subconjuntos homogéneos.

Comparaciones múltiples					
Variable dependiente: Aceptación del pan					
	(I) Tipo de receta	(J) Tipo de receta	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
HSD Tukey	Receta combinada	Receta huevo	-1,5500*	,28863	<,001
		Receta actual	-1,8500*	,28863	<,001
	Receta huevo	Receta combinada	1,5500*	,28863	<,001
		Receta actual	-,3000	,28863	,569
	Receta actual	Receta combinada	1,8500*	,28863	<,001

		Receta huevo	,3000	,28863	,569
DMS	Receta combinada	Receta huevo	-1,5500*	,28863	<,001
		Receta actual	-1,8500*	,28863	<,001
	Receta huevo	Receta combinada	1,5500*	,28863	<,001
		Receta actual	-,3000	,28863	,321
	Receta actual	Receta combinada	1,8500*	,28863	<,001
		Receta huevo	,3000	,28863	,321

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Aceptación del pan

	(I) Tipo de receta	(J) Tipo de receta	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Receta combinada	Receta huevo	-2,3296	-,7704
		Receta actual	-2,6296	-1,0704
	Receta huevo	Receta combinada	,7704	2,3296
		Receta actual	-1,0796	,4796
	Receta actual	Receta combinada	1,0704	2,6296
		Receta huevo	-,4796	1,0796
DMS	Receta combinada	Receta huevo	-2,1853	-,9147
		Receta actual	-2,4853	-1,2147
	Receta huevo	Receta combinada	,9147	2,1853
		Receta actual	-,9353	,3353
	Receta actual	Receta combinada	1,2147	2,4853
		Receta huevo	-,3353	,9353

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,208.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Tabla 24

En el metodo tuckey y LSD se utilizaron para crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas de los niveles de los factores (recetas) mientras controlan la tasa de error, con base a lo anterior al realizar las diferencias entre las recetas se observa que la receta huevo y la receta actual son significativas lo que quiere decir que se aceptan ya que su significancia es mayor al 0,05% al realizar las sus respectivas diferencias se escoge que la receta actual es la mejor opcion entre las tres.

Aceptación del pan				
	Tipo de receta	N	Subconjunto	
			1	2
HSD Tukey ^{a,b}	Receta combinada	5	2,3000	
	Receta huevo	5		3,8500
	Receta actual	5		4,1500
	Sig.		1,000	,569

Tabla 25

Se concluye que la hipótesis se rechaza ya que su significancia supera el 0.5% en las tres recetas, mientras que la significancia de la receta combinada es del 1%, la significancia de la receta huevo y receta actual es del 0,569%.

Se generaron diferentes gráficos en los cuales se puede observar de manera más visual y amena los resultados analizados.

La Ilustración 1 muestra el gráfico de dispersión versus nivel de aceptación del pan respecto a la desviación estándar.

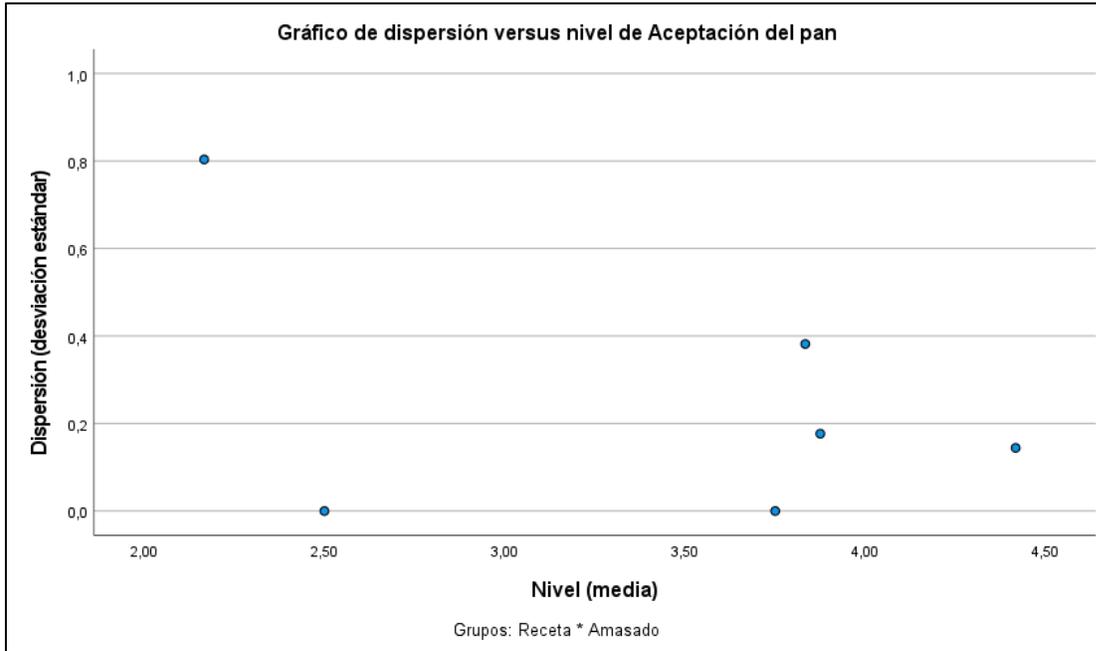


Ilustración 1

Actualmente no se observa ningún patrón en la dispersión de los datos por lo cual podemos deducir que su desviación estándar es mayor por lo cual los datos no son iguales pero pueden ser semejantes.

La ilustración 2 muestra el gráfico de dispersión versus nivel de aceptación del pan respecto a la varianza.

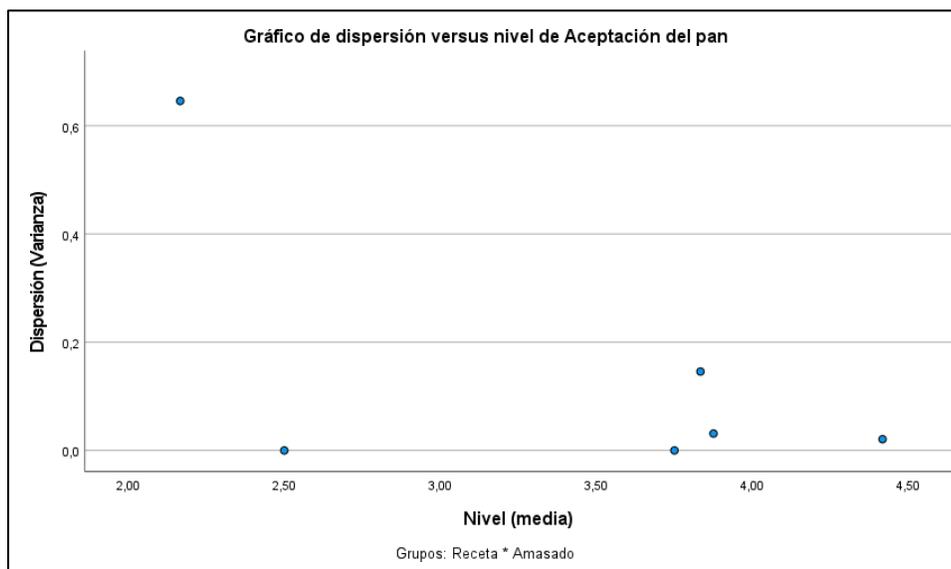


ilustración 2

En estos gráficos no se presenta algún patrón creciente o decreciente, exponencial o de otro grado.

El siguiente gráfico mostrado en la ilustración 3 muestra el comportamiento de la variable dependiente.

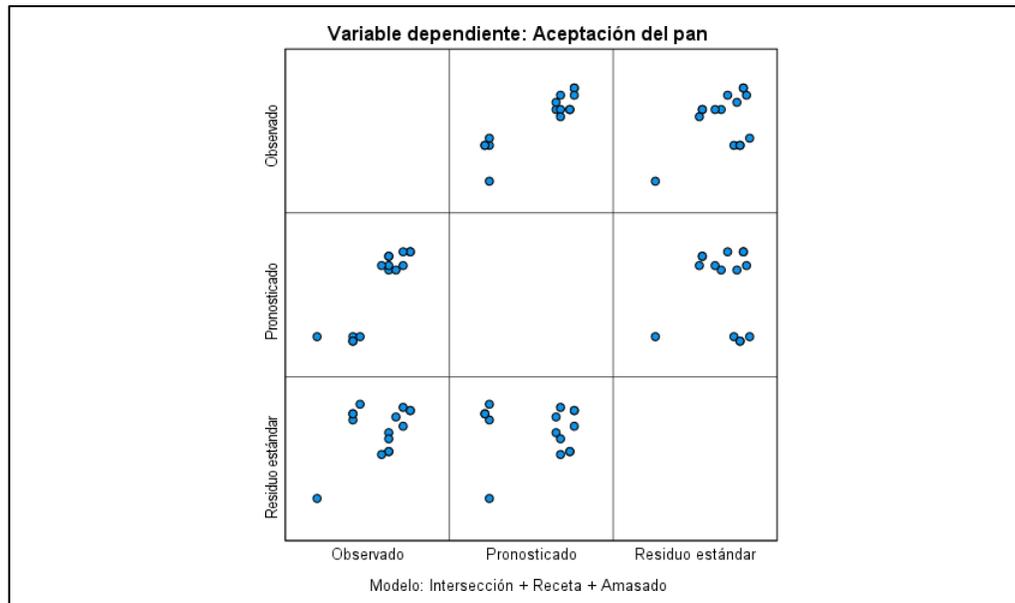


ilustración 3

Al analizar el residuo estándar con el observado para identificar la dispersión de los datos, no se determina ningún patrón por lo que sus datos son completamente diferentes en los dos casos. Cada uno toma una posición diferente, aunque algunos están muy próximos a otros no son iguales.

En los gráficos de perfiles mostrados en las ilustraciones Ilustración 4 y Se rectifica que la receta actual pan es la aceptada, obteniendo la mejor calificación por parte de la población escogida, además se observa una mínima diferencia entre esta receta y la receta huevo por lo cual son semejantes entre sí.

Ilustración 5 se puede observar las medias marginales estimadas, tanto con el tipo de receta como en el tipo de amasado.

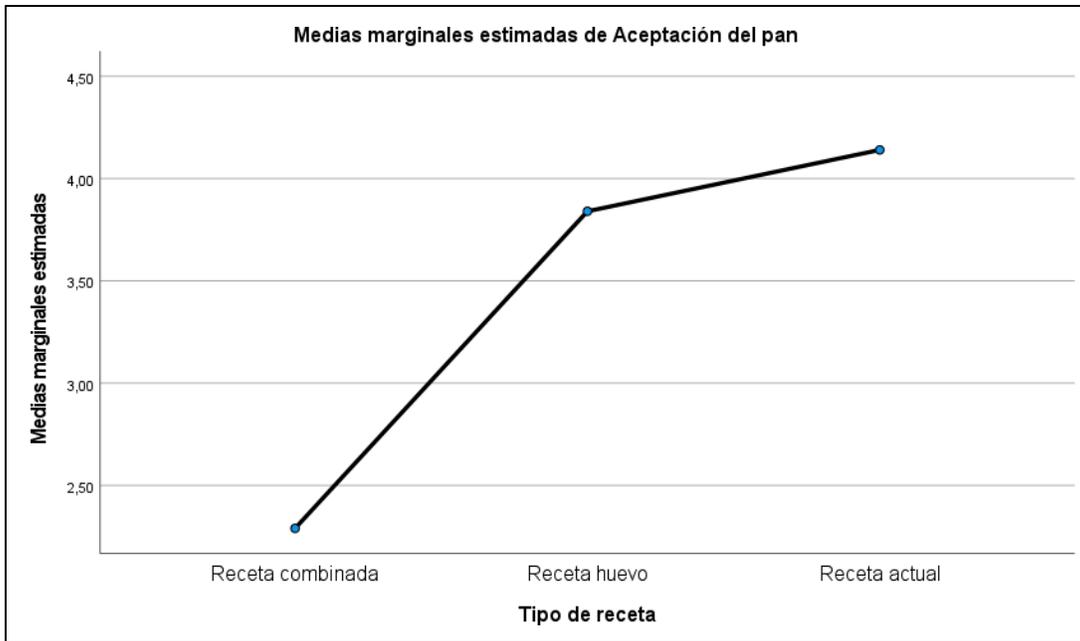
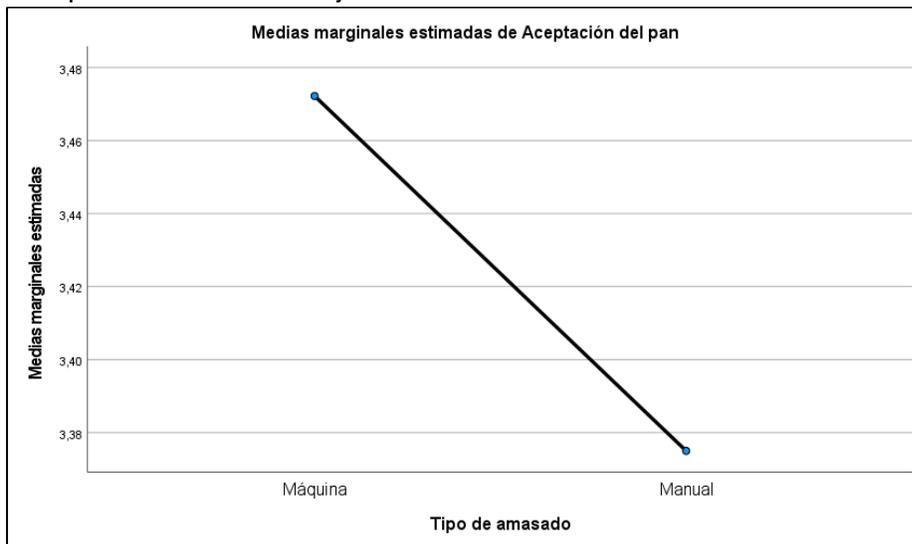
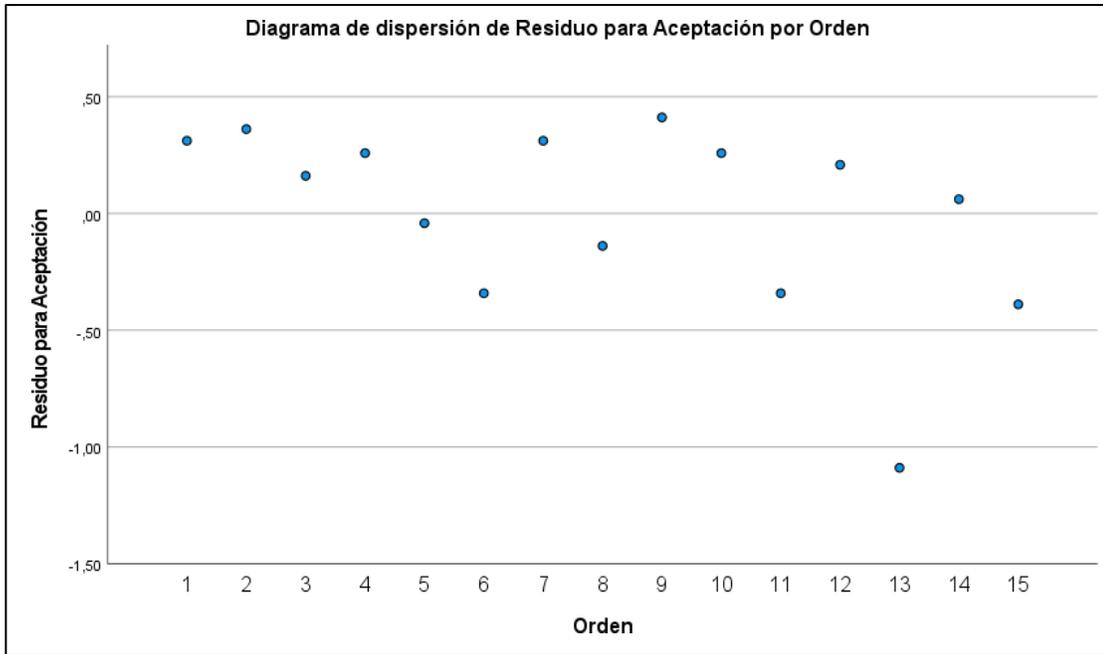


Ilustración 4

Se rectifica que la receta actual pan es la aceptada, obteniendo la mejor calificación por parte de la población escogida, además se observa una mínima diferencia entre esta receta y la receta huevo por lo cual son semejantes entre sí.



Indicando que la mayor media marginal se trata de la receta 3 (receta actual de la panadería) y que la mejor manera de amasado según la gráfica es en máquina, pero como ya comprobamos el tipo de amasado presenta una mínima diferencia por lo cual se indica que no afecta el tipo que se utilice en el proceso.



La

ilustración 6 muestra el Diagrama de dispersión de residuo para aceptación por orden, en el cual se puede observar un resultado muy debajo de la media y muy diferente a todos los demás.

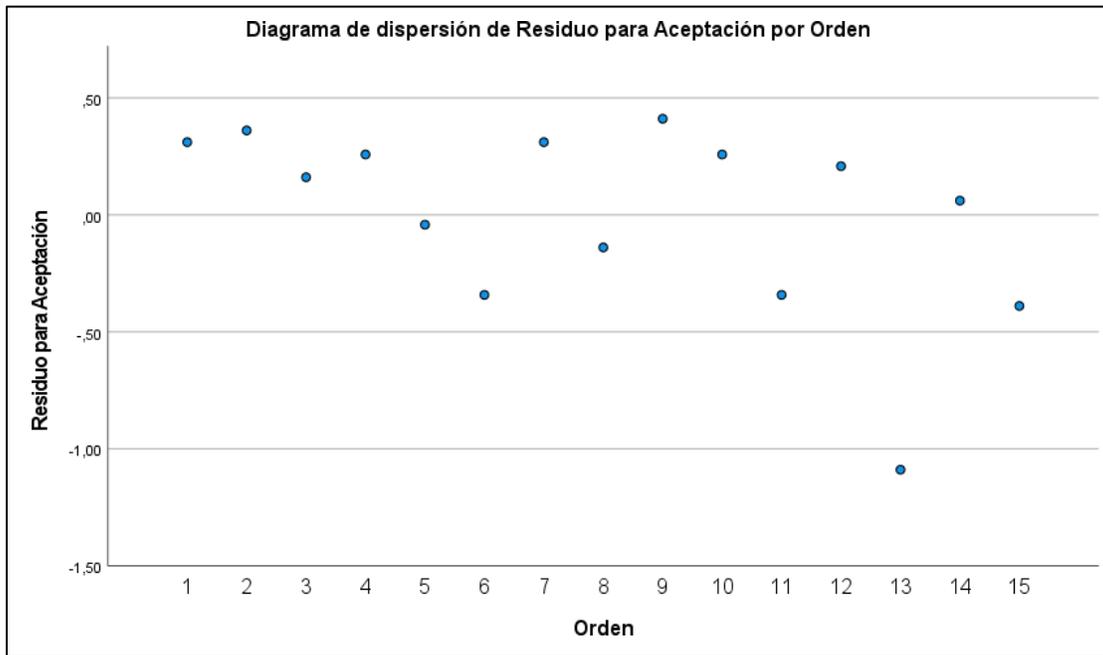


ilustración 6

Para la prueba de chi-cuadrado se calcularon las frecuencias y estadísticos de prueba mostradas en las tablas Tabla 26 y Tabla 27 respectivamente.

RESIDUO PARA ACEPTACIÓN

	N observado	N esperada	Residuo
-1,09	1	1,3	-,2
-,39	1	1,3	-,2
-,34	2	1,3	,8
-,14	1	1,3	-,2
-,04	1	1,3	-,2
,06	1	1,3	-,2
,16	1	1,3	-,2
,21	1	1,3	-,2
,26	2	1,3	,8
,31	2	1,3	,8
,36	1	1,3	-,2
,41	1	1,3	-,2
Total	15		

Tabla 26

Estadísticos de prueba	
	Residuo para Aceptación
Chi-cuadrado	1,800 ^a
gl	11
Sig. asin.	,999

a. 12 casillas (100,0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es 1,3.

Tabla 27

Además, se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra, como se observa en la Tabla 28 y Tabla 29.

PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA UNA MUESTRA

		Residuo para Aceptación	
N		15	
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,0000	
	Desv. Desviación	,40453	
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,188	
	Positivo	,155	
	Negativo	-,188	
Estadístico de prueba		,188	
Sig. asin. (bilateral) ^c		,160	
Sig. Monte Carlo (bilateral) ^d	Sig.	,154	
	Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	,144
		Límite superior	,163

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. El método de Lilliefors basado en las muestras 10000 Monte Carlo con la semilla de inicio 2000000.

Tabla 28

Se identifica que la significancia es mayor al 0,05% por lo tanto afirmamos que la hipótesis nula no se rechaza con una significancia del 0,154%, lo que quiere decir que las recetas son aceptables según los residuos de aceptación.

PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA UNA MUESTRA		
		Residuo para Aceptación
N		15
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,0000
	Desv. Desviación	,40453
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,188
	Positivo	,155

INGREDIENTES	PRECIO POR GRAMO	PROTEINAS	CANTIDAD MÁXIMA	PRECIO MÁXIMO
A1 Harina Molino San Miguel	3,58	0,01	1000g Harina	\$11.400
A2 Panela Oiba	5		240g Panela	\$5.040
A7 Mantequilla Boyacá	18	0,0012	40g Mantequilla	\$920
B1 Harina de Centeno	11,4	0,075		
B2 Panela Pulverizada	8			
B7 Mantequilla	14,4	0,09		

FUNCIÓN OBJETIVO		7640
Harina	1000=	1000
Panela	240=	240
Mantequilla	40=	90
PROTEINAS	26,6<=	90
	26,6>=	9
Precio total	7640<=	8000
Precio harina	5144<=	11.400
Precio panela	1920<=	5.040
Precio mantequilla	576<=	920

Tabla 30

En este modelo se plantea la mezcla de sus productos actuales con las variables que se escogieron para conocer si se puede realizar un cambio en cuanto a las materias primas para reducir los costos de fabricación teniendo en cuenta las proteínas que contiene cada pan ya que no se quieren aumentar.

En la Tabla 31 se presenta el análisis de sensibilidad de las restricciones planteadas del modelo 1 con la harina centeno, la panela pulverizada y la mantequilla pura.

Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
§C\$15	Harina	1000	0,2	1000	69,9844479	765,2173913
§C\$16	Panela	240	0	240	45	240
§C\$17	Mantequilla c	40	-1,11022E-16	40	23,88888889	40
§C\$18	PROTEINAS	26,6	0	90	1E+30	63,4
§C\$19		26,6	0	9	17,6	1E+30
§C\$20	Precio	7640	0	8000	1E+30	360
§C\$24	Precio harina	5144	0	11400	1E+30	6256
§C\$25	Precio panela	1920	0	5040	1E+30	3120
§C\$26	Precio mantequilla	576	0	920	1E+30	344

\$15	B1	200	0,8	0 57,54475703	250
------	----	-----	-----	---------------	-----

Tabla 31

Con base al análisis de sensibilidad se puede deducir que la harina original se puede reducir aún más sin llegar a afectar el valor total de la producción y sin afectar su precio sombra, se tiene la opción de reducir completamente la panela en la receta sin afectar los precios de ganancia, es más se estaría generando una reducción directamente con los costos de la producción para el valor final del producto y también se observa que en el momento la harina centeno produce más ganancia que la harina tradicional molino aunque esto también depende de la cantidad que se está utilizando en momento. La mantequilla se puede reducir completamente sin afectar su proceso como también es posible aumentarla 23,88 gramos sin afectar la producción del pan.

Los precios se pueden disminuir reemplazando las variables generando más ganancias a la empresa ya que con este análisis comprobamos que se pueden minimizar los costos de fabricación al mínimo sin afectar la calidad del producto ya que se estarían manejando diferentes marcas que brindan las mismas opciones a precios más reducidos.

Cada una de las restricciones presenta un límite inferior y un límite superior entre los cuales puede variar, pero además de esto existe un precio sombra asignado a cada uno el cual indica la proporcionalidad que tiene la restricción respecto a la función objetivo.

MODELO 2

	INGREDIENTES	PRECIO POR GRAMO	CALORIAS	CANTIDAD MAXIMA	PRECIO MAXIMO
A1	HARINA MOLINO SAN MIGUEL	3,58	346	1000	11400
A2	PANELA OIBA	5	265	120	5040
A5	HUEVOS CRIOLLO MAC POLLO	10	49	60	500
B1	HARINA DE CENTENO	11,4	328		
B2	PANELA PULVERIZADA	8	110		
B5	HUEVO	8,33	74		

RESTRICCIONES	FUNCION OBJETIVO		
	MIN	Z	7503

SUJETO A:			
HARINA	5535	<=	11400
PANELA	720	<=	960
HUEVO	500	<=	500
HARINA	1000	=	1000
PANELA	120	=	120
HUEVO	60	=	60
C HARINA	346	<=	3460
C PANELA	265	<=	2650
C HUEVO	49	<=	490
B1	250	=	250
B2	40	=	40

Tabla 32

En este modelo se plantea la mezcla de las harinas tanto la original como la de centeno, se reduce la panela pulverizada por la mitad y solo se espera utilizar un huevo teniendo en cuenta las calorías que aporta cada materia prima en el proceso de fabricación para observar los cambios que genera y si es una solución óptima para la panadería.

En la Tabla 33 se muestra el análisis de sensibilidad del modelo 2

Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$\$27	HARINA Z	5535	0	11400	1E+30	5865
\$\$28	PANELA Z	720	0	960	1E+30	240
\$\$29	HUEVO Z	500	1	500	100	0,02
\$\$36	HARINA Z	1000	5,535	1000	1059,620596	1000
\$\$37	PANELA Z	120	6	120	40	120
\$\$38	HUEVO Z	60	-1,68754E-13	60	0,002400096	10
\$\$44	C HARINA Z	346	0	3460	1E+30	3114
\$\$45	C PANELA Z	265	0	2650	1E+30	2385
\$\$46	C HUEVO Z	49	0	490	1E+30	441
\$\$47	B1 Z	250	5,865	0	1000	333,3333333
\$\$48	B2 Z	40	2	0	120	60

Tabla 33

Se observa que la panela pulverizada de Oiba al disminuir su proporción en la mezcla está generando más ganancia en el momento ya que esto puede variar según el porcentaje que se utilice en la receta. Se entiende que la harina centeno en el momento está generando ganancias superiores a las ganancias de la harina original esto se debe al porcentaje o la proporción que se está utilizando de cada una de ellas ya que las ganancias de la harina original son de \$5,535 y se están utilizando 750gr en cambio con la harina centeno al utilizar 250gr se genera una ganancia de \$5,865 por lo cual se puede deducir que si se llega a aumentar el uso de esta harina sus ganancias van a ir disminuyendo y en cuanto a porcentajes es mejor la harina original. La panela pulverizada la podemos aumentar hasta utilizar únicamente la suplente sin afectar las ganancias o la producción del pan ya que en el momento está generando ingresos y la proporción que se utilizara es la adecuada para realizar la receta.

Las calorías tanto de la harina, la panela y el huevo tienen un límite inferior y un límite superior entre los cuales puede variar, pero el límite inferior de las calorías puede disminuir indefinidamente hasta llegar a 0 sin afectar el proceso de fabricación, pero cada uno si cuenta con un límite superior que no se debe sobrepasar ya que si afectaría las restricciones que se plantearon al principio del modelo.

Se plantean dos modelos para la optimización de las variables y la reducción de costos, en cada uno se plantean las restricciones necesarias que cumplan con las condiciones de la producción del pan, en base a ellos se realiza la fase experimental creando una tabla de calificación para conocer si el sabor, la textura, el tamaño y la suavidad del pan varían teniendo en cuenta el factor de amasado en cada una de las recetas.

Se escogió a un grupo de 15 personas para calificar el pan y de esta manera comprobar cuál de las 3 recetas que se plantearon es la mejor opción para la panadería.

A continuación, se presentan nuevamente los resultados.

Receta	Amasado	Aceptación (calificación del pan)
3	1	4,5
2	1	4,25
1	1	2,5
1	2	2,5
2	2	3,75
3	2	3,75
3	1	4,5
2	1	3,75
1	1	2,75
1	2	2,5
3	2	3,75
2	2	4
1	1	1,25
3	1	4,25

2	1	3,5
---	---	-----

Tabla 17

La tabla anterior muestra la calificación respectiva que dieron cada una de las 15 personas que se seleccionaron para que probaran los tres tipos de panes. Con estos resultados se realizaron los análisis correspondientes para conocer que la receta 3 es la óptima y aceptada por las personas.

Esto quiere decir que la receta original de la panadería AMAPOLA COFFE & BRUNCH S.A.S. es la elegida, cumpliendo con todos los niveles de calificación en cuanto a la aceptación del público, las 2 recetas restantes varían mucho en cuanto al sabor, textura y suavidad que no lograron convencer suficiente al público para generar un cambio como tal en la receta original de la panadería. Los tres tipos de panes que se presentaron son completamente diferentes al combinar sus ingredientes, disminuir las proporciones de algunos elementos dio la creación de los modelos de programación para la realización de este proceso.

8.1.2 Propuesta de mejora (Fórmula óptima)

La fórmula óptima es la receta actual de la empresa, no se puede generar ningún cambio en sus materias primas o variación en las cantidades estipuladas ya que, si afectan el sabor, la textura y suavidad del pan por lo tanto no se escoge ninguno de los modelos (recetas) que se plantearon al comienzo del trabajo.

8.2 Productos derivados de la consultoría

Como producto del desarrollo del presente trabajo, se obtuvieron los siguientes productos:

- Certificado de consultoría adjunto con el presente informe, firmado por representante legal.
- Certificado de implementación de innovación realizada en mejoramiento de procesos, a partir de la puesta en marcha de la mejora realizada en el proceso de producción para la empresa, documento que va adjunto al presente informe, firmado por representante legal.

9 Conclusiones y recomendaciones

Según la indagación que se realizó sobre los ingredientes sustitutos se pudo concluir que existen varios tipos de harina los cuales se pueden utilizar en la elaboración del pan, como por ejemplo la harina de centeno, harina de coco y harina de almendras. Además, varias de estos ingredientes aportan a obtener un producto más saludable y amigable con la salud de las personas, sin embargo, en la elaboración del pan es importante tener unas medidas exactas de harina tradicional de trigo debido a que, gracias a esta, el pan obtiene una consistencia y crecimiento adecuado, por ello se plantea el combinar esta harina tradicional con harina de centeno para no perder esas propiedades y que el pan no cambie ni su textura ni sabor.

Seguidamente con la experimentación realizada, se pudo obtener como resultado que la receta actual de la panadería presentó una media de 4,15, indicando que fue la mejor que se obtuvo entre las tres recetas. Esta receta obtuvo la completa aceptación por parte de los calificadores, puesto que la escogieron como la mejor fórmula para el sabor, textura, tamaño y suavidad del pan.

Al realizar en análisis de varianza se pudo concluir que los bloques de amasado que se presentaron fueron similares, lo que quiere decir que no importa con cual bloque se trabaje (maquina – manual) el proceso y resultando será semejante, no afecta el cambio de amasado ya que sus comparaciones son muy mínimas. Será decisión propia del encargado del proceso escoger con cual o de qué manera quiere trabajar para la elaboración del pan.

A partir de los resultados y gráficos de perfil, se pudo identificar y validar que la receta combinada (Receta 1) no recibió una buena aceptación por las personas elegidas a comparación de las otras dos recetas, por lo cual, se podría plantear un nuevo modelo de programación lineal para mitigar la diferencia que presentó esta receta en comparación con las otras, de tal manera que su aceptabilidad no estuviera tan alejada de las otras y se observaría nuevos resultados para tomar una decisión sobre la formula óptima.

Finalmente, se concluye que la receta huevo (Receta 2) es la receta óptima entre los dos modelos de programación lineal que se plantearon desde el comienzo del proyecto, sus resultados y aceptación fueron óptimos ya que se asemejan a los de la receta actual, esta decisión se da en base a las dos recetas que se plantearon dejando por fuera la receta actual de la panadería.

18	Pincelar los panes con harina de trigo artesanal						5	Se pincelan los panes para evitar que se peguen en el momento de hornear.
19	Precalentar el horno a 180°C						2	
20	Se espera que el horno esté caliente						5	
21	Verificar que todos los panes estén pincelados						3	
22	Verificar que el horno esté en la temperatura correspondiente						1	
23	Hornear los panes (180°C)						30	
24	Traslado de la bandeja al mesón						2	
25	Reposar los panes para dejar enfriar y estén aptos para el consumo						8	
TOTAL		16	4	0	3	2	664	

Diagrama de flujo de proceso de elaboración del pan

Anexo 3

Certificado de innovación (adjunto)

11 Bibliografía

- Agencia AFP. (21 de Noviembre de 2021). *El 48% de la población del planeta tiene problemas de salud por mala alimentación*. Obtenido de El Espectador: <https://www.elespectador.com/salud/el-48-de-la-poblacion-del-planeta-tiene-problemas-de-salud-por-mala-alimentacion/>
- AgroMiller. (19 de Septiembre de 2017). *7 Beneficios para la salud de la harina de centeno*. Obtenido de AgroMiller: <https://www.agromiller.com/7-beneficios-la-salud-la-harina-centeno/>
- Aparicio, A. (03 de Enero de 2022). *HARINA DE COCO: PROPIEDADES, CÓMO USARLA Y RECETAS*. Obtenido de Conasi: <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/harina-de-coco-recetas/#:~:text=harina%20de%20coco-,Caracter%C3%ADsticas%20y%20propiedades%20de%20la%20harina%20de%20coco,SCD%20y%20%C2%ABlow%20carb%C2%BB>.
- Central Lechera Acturiana. (12 de Agosto de 2021). *Mantequilla, todo lo que nos aporta*. Obtenido de Central Lechera Acturiana: <https://www.centralecheraasturiana.es/que-aporta-la-mantequilla/#:~:text=Contiene%20hasta%20400%20%C3%A1cidos%20grasos,alrededor%20de%2020%20veces%20m%C3%A1s>.
- El Molino Verde. (s.f.). *Harinas Funcionales*. Obtenido de El Molino Verde: <https://www.elmolinoverde.com/productos/harina-de-centeno/>
- Figueroa, H. (27 de Abril de 2022). *¿Los panes reducirán su tamaño o elevarán su precio?* Obtenido de El Universal: <https://www.eluniversal.com.co/empresas/noticias/los-panes-reduciran-su-tamano-o-elevaran-su-precio-EGC-3196>
- OCU. (26 de Abril de 2019). *Pan: guía de compra*. Obtenido de OCU: <https://www.ocu.org/alimentacion/alimentos/informe/pan-guia-de-compra528774>
- Panela San Isidro. (s.f.). *Panela Ecológica*. Obtenido de Panela San Isidro: <https://www.panelasanisidro.com/producto/panela-pulverizada-1000-gr/#:~:text=La%20Panela%20Pulverizada%20San%20Isidro,involucran%20pr%C3%A1cticas%20ecol%C3%B3gicas%20de%20producci%C3%B3n>.
- Valdés, A. (2020). *Harina de Almendras: Te contamos lo Que Debes Saber y Algunas Recetas*. Obtenido de HSN: <https://www.hsnstore.com/blog/nutricion/alimentos-funcionales/harina-de-almendra/>