Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Profesional de Investigación Operativa

Optimización Estocástica del plan anual de producción de industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L. mediante un Modelo Probabilístico de Planeación con Mezcla de Productos

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa

AUTOR

Alexander MENDOZA LOPE

ASESOR

Lucy Haydeé DE LA CRUZ CUADROS

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Mendoza, A. (2022). *Optimización Estocástica del plan anual de producción de industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L. mediante un Modelo Probabilístico de Planeación con Mezcla de Producto*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Alexander Mendoza Lope
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41277372
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Lucy Haydeé De la Cruz Cuadros
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06554824
URL de ORCID	https://orcid.org/ 0000-0002-9788-1531
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Carlos Enrique Calderón Rodríguez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09910975
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Flor Cagniy Cárdenas Mariño
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	45422233
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.2. Procesos estocásticos y simulación

Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Coordenadas geográficas Latitud: -12.058333 Longitud: -77.083333
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2022
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

DECANATO

Anexo 6

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN LA MODALIDAD VIRTUAL PARAOBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2022-I)

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 17:00 horas del día sábado 23 de julio del año 2022, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado Evaluador de Tesis:

Lic. Carlos Enrique Calderón Rodríguez	(Presidente)
Dra. Flor Cagniy Cárdenas Mariño	(Miembro)
Lic. Lucy Haydeé De la Cruz Cuadros	(Miembro-Asesor)

Para la sustentación de la Tesis intitulada: OPTIMIZACIÓN ESTOCÁSTICA DEL PLAN ANUAL DE PRODUCCIÓN DE INDUSTRIAS PANIFICADORAS LA MONTAÑEZA E.I.R.L. MEDIANTE UN MODELO PROBABILÍSTICO DE PLANEACIÓN CON MEZCLA DE PRODUCTOS, presentada por el señor Bachiller **Mendoza Lope,Alexander**, para obtener el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Luego de la exposición de la Tesis, el Presidente invitó al expositor a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del jurado, el expositor mereció la aprobación ***Bueno*** con un calificativo promedio de dieciséis (16)

A continuación, los miembros del jurado dan manifiesto que el participante señor Bachiller Mendoza Lope, Alexander, en virtud de haber aprobado la sustentación de su Tesis, será propuesto para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Siendo las 17:30 horas, se levantó la Sesión, firmando para constancia la presente Acta en tres (3) copias originales o archivo PDF.

PRESIDENTE
Lic. Carlos Enrique Calderón Rodríguez

MIEMBRO
Mg. Flor Cagniy Cárdenas Mariño

MIEMBRO-ASESOR
Mg. Lucy Haydee De la Cruz Cuadros

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Lucy Haydee De la Cruz Cuadros, en mi condición de asesora acreditada con la Resolución Decanal N° 000985-2022-D-FCM/UNMSM de la Tesis titulada "OPTIMIZACIÓN ESTOCÁSTICA DE LA PRODUCCIÓN EN INDUSTRIAS PANIFICADORAS "LA MONTAÑEZA E.I.R.L." MEDIANTE UN MODELO PROBABILÍSTICO DE PLANEACIÓN CON MEZCLA DE PRODUCTOS"

presentado por el bachiller: ALEXANDER MENDOZA LOPE, para optar el título profesional de: Licenciado en Investigación Operativa.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 17 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título en la especialidad correspondiente.



Firma del Asesor:



DNI: 06554824

Nombres y apellidos del asesor: Mg. Lucy Haydee De la Cruz Cuadros

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mí familia, a su fortaleza y apoyo constante, a su perseverancia y unión manifestada más aún en estos tiempos donde cada familia sin excepción alguna se ha visto amenazada y en muchos otros casos, llegando incluso a ser afectada

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes de está mi casa de estudios, a mi esposa, padres y especialmente a Dios, por brindarnos en cada momento la oportunidad de ser mejores seres humanos.

RESUMEN

OPTIMIZACIÓN ESTOCÁSTICA DEL PLAN ANUAL DE PRODUCCIÓN DE INDUSTRIAS PANIFICADORAS LA MONTAÑEZA E.I.R.L. MEDIANTE UN MODELO PROBABILÍSTICO DE PLANEACIÓN CON MEZCLA DE PRODUCTOS

Alexander Mendoza Lope

JULIO 2022

Orientadora: Lic. Lucy Haydeé De la Cruz Cuadros
Título obtenido: Licenciado en Investigación Operativa

La presente investigación plantea una organización metodológica para la empresa Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L., a fin de establecer los niveles de producción mensual de pan en sus distintas variedades, en distintos periodos de tiempo, caracterizados de manera mensual y considerando las fluctuaciones del mercado en cuanto a la demanda de cada una de las variedades de pan en estudio. Para ello, se formula un modelo de programación lineal estocástica entera de mezcla de productos, y se le da un tratamiento a la demanda basado en el intervalo de confianza que esta puede asumir por cada variedad de pan vendido en una unidad de tiempo (mes). Se establece la normalidad de la demanda, los niveles de producción óptimos y se comenta los resultados de la implementación del modelo en IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 22.1, poniendo especial énfasis en la maximización de las utilidades frente a los costos mínimos de producción con un nivel de riesgo manejable para el decisor.

PABLABRAS CLAVES: Optimización estocástica
Programación lineal estocástica entera
Plan de producción
Producción de perecibles
CPLEX

ABSTRACT

ANNUAL PRODUCTION PLAN STOCHASTIC OPTIMIZATION AT LA MONTAÑEZA E.I.R.L. BAKING INDUSTRIES BY MEANS OF A PRODUCT MIX PROBABILISTIC PLANNING MODEL

Alexander Mendoza Lope

JULY 2022

Advisor: Lic. Lucy Haydeé De la Cruz Cuadros
Degree obtained: Degree in Operations Research

This research establishes a methodological organization for *Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.*, with the purpose of setting monthly production levels for different varieties of bread, at different periods of time. This production planning is featured by its monthly periodicity and considers market fluctuations regarding the demand levels of each variety of bread. In order to do so, a product mix stochastic linear programming model is performed, soon, the demand is treated based on its confidence interval at each variety of bread per time unit (monthly). Normality of demand is verified, as well as the optimal production levels and the model implementation in IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 22.1 are commented, emphasizing on the maximization of utilities against the minimal production costs, taking a risk level affordable for the decision maker.

KEYWORDS: Stochastic optimization
Integer stochastic linear programming
Production plan
Perishable production
CPLEX

ÍNDICE GENERAL

FICHA CATALOGRÁFICA ..... **¡Error! Marcador no definido.**

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

RESUMEN iii

ABSTRACT iv

ÍNDICE GENERAL v

Lista de Cuadros viii

Lista de Figuras x

Lista de Tablas y Figuras en Anexos xi

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Introducción 1
1.2. Situación Problemática 3
1.2.1. Reseña histórica y filosofía organizacional 3
1.2.2. Productos, servicios y diagnóstico organizacional 5
1.3. Formulación del Problema 8
1.3.1. Problema General 8
1.3.2. Problemas Específicos 8
1.4. Justificación Teórica 9
1.5. Justificación Práctica 10
1.6. Objetivos 10
1.6.1. Objetivo General 10
1.6.2. Objetivos Específicos 10
1.7. Hipótesis 11
1.7.1. Hipótesis General 11
1.7.2. Hipótesis Específicas 12
1.7.3. Variables 13
1.7.4. Operacionalización de Variables 14

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 21

2.1. Antecedentes de la investigación 21
2.1.1. Antecedentes internacionales 22

2.1.2. Antecedentes nacionales 25
2.2. Bases teóricas 27
2.2.1. Programación Lineal 27
2.2.2. Conjunto convexo 30
2.2.3. Método Simplex 32
2.2.4. Modelos probabilísticos de planeación de la producción 37
2.2.5. Modelo estocástico de Mezcla de Productos 38
2.2.6. Pruebas de normalidad y comparación de medias 41
2.2.7. Softwares para la resolución de problemas de optimización 44
2.3. Bases conceptuales o definición de términos 51
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 54
3.1. Tipo de investigación 54
3.2. Nivel de investigación 54
3.3. Diseño de investigación 55
3.4. Enfoque de la investigación 55
3.5. Población de estudio 56
3.6. Muestra 56
3.7. Muestreo 57
3.8. Técnica e Instrumentos de recolección de datos 58
3.9. Procedimientos de recolección de datos 58
3.10. Técnica para el procesamiento y análisis de datos 59
CAPÍTULO IV. RESULTADOS 60
4.1. Presentación y análisis de resultados 60
4.1.1. Normalidad de la demanda 60
4.1.2. Estadísticos descriptivos de la demanda 65
4.1.3. Insumos 70
4.1.4. Costos 73
4.1.5. Precios de venta 73
4.1.6. Formulación del modelo estocástico 74
4.1.7. Implementación del modelo estocástico 76
4.1.8. Resultados obtenidos 81
4.2. Pruebas de hipótesis 85
4.2.1. Hipótesis Específicas 85
4.2.2. Hipótesis General 93
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN 95
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 98

6.1. Conclusiones 98
6.2. Recomendaciones 99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 101
ANEXOS 105
Anexo 1. Conformación de la muestra: Volumen de producción de pan en las variedades seleccionadas (Periodo 2010-2021) 105
Anexo 2. Histogramas y Gráficos Q-Q asociados a las Pruebas de Normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan 113

Lista de Cuadros

Cuadro 1 Operacionalización de variables 14

Cuadro 2 Tablero Simplex inicial 33

Cuadro 3 Tablero Simplex ejemplo 35

Cuadro 2 Conformación de la muestra 57

Cuadro 5 Reporte de la prueba de Shapiro-Wilk de normalidad por factores en SPSS 61

Cuadro 6 Estadísticos descriptivos de la demanda 66

Cuadro 7 Insumos requeridos para elaborar cada variedad de pan (por unidad) – Parte 1 70

Cuadro 8 Insumos requeridos para elaborar cada variedad de pan (por unidad) – Parte 2 71

Cuadro 9 Unidades de medida utilizadas por cada insumo 71

Cuadro 10 Plan inicial de compra de insumos para el periodo Jul-2022 – Jun-2023 (Parte 1) 72

Cuadro 11 Plan inicial de compra de insumos para el periodo Jul-2022 – Jun-2023 (Parte 2) 72

Cuadro 12 Costos de los insumos por unidad de medida 73

Cuadro 13 Precios de venta unitario de cada variedad de pan 74

Cuadro 14 Cantidades de restricciones planteadas en el modelo propuesto . 76

Cuadro 15 Plan de producción óptimo hallado en CPLEX (Parte 1) 83

Cuadro 16 Plan de producción óptimo hallado en CPLEX (Parte 2) 84

Cuadro 17 Costos comparados: obtenidos con la implementación del modelo Vs. costos medios 88

Cuadro 18 Reporte de SPSS: Estadísticas descriptivas de los costos obtenidos con el modelo Vs. los costos esperados sin la implementación del modelo 92

Cuadro 19 Reporte de SPSS: Prueba T de Student para muestras independientes..... 92

Lista de Figuras

Figura 1 Algoritmo Simplex para implementación computacional 36

Figura 2 Interfaz de bienvenida de Visual Math 45

Figura 3 Página de bienvenida de Gurobi Optimization 46

Figura 4 Interfaz de programación y resultado de GAMS 47

Figura 5 Interfaz clásica de usuario en CPLEX 48

Figura 6 Interfaz de cofuncionalidad de Lingo con Microsoft Excel 50

Figura 7 Interfaz de usuario con la implementación del modelo estocástico en IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 22.1 77

Figura 8 Estadísticas de eficiencia del sistema en CPLEX Optimization Studio 22.1 81

Figura 9 Estadísticas de eficiencia (tiempos) en CPLEX Optimization Studio 22.1 81

Figura 10 Registro del motor en CPLEX Optimization Studio 22.1 82

Figura 11 Registro del explorador de datos con la solución objetivo en CPLEX Optimization Studio 22.1 82

Figura 12 Reporte de Soluciones en CPLEX Optimization Studio 22.1 83

Lista de Tablas y Figuras en Anexos

Tabla A-1 Muestra (Parte 1): Volumen de producción de pan en las variedades seleccionadas - Periodo 2010-2021 105

Tabla A-2 Muestra (Parte 2): Volumen de producción de pan en las variedades seleccionadas - Periodo 2010-2021 109

Figura A-1 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Bambuco 113

Figura A-2 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Bizcocho chico 115

Figura A-3 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Bizcocho normal 118

Figura A-4 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Camote 121

Figura A-5 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Caracol 123

Figura A-6 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Coliza 126

Figura A-7 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Galleta 128

Figura A-8 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Hamburguesa 131

Figura A-9 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Integral 133

Figura A-10 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Petipán 136

Figura A-11 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Serrano 138

Figura A-12 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Tostada 141

Figura A-13 Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Yema..... 143

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L. se encuentra posicionada como una de las empresas PYMES más sobresalientes en el rubro de la panificación dentro del distrito de San Juan de Lurigancho en la actualidad, con casi 27 años de experiencia. Desde sus inicios logró diferenciarse de sus competidores al ofrecer productos de calidad al contar con colaboradores de experiencia y con los equipos necesarios, teniendo en cuenta que al empezar es una característica en la mayoría de los negocios líderes en el rubro elaborar los productos de panificación de manera artesanal.

Sin embargo, en la década anterior se mostraba un notorio declive dentro de la empresa al no tener definidas claramente las normas y procesos vinculados al negocio con lo que el descontento era general, ya que las cifras no eran alentadoras. Tal situación permitió que los competidores se expandieran y logren captar un mayor porcentaje de clientes, quienes también se mostraban insatisfechos con la situación; no obstante, en estos últimos años a pesar de la dura realidad vivida a nivel mundial la panificadora “La Montañeza” ha tenido un notorio incremento productivo que se está viendo afectado por el contexto social y político que actualmente vivimos.

Es por tales circunstancias que la Panificadora “La Montañeza” busca tomar nuevos rumbos a través de nuevas alternativas las cuales los lleve a tomar una decisión consistente, y a redefinir los distintos procesos y gestionar

adecuadamente los recursos de tal manera que la empresa pueda mantenerse en pie dentro del mercado, el cual había crecido a diferencia de hace 27 años. Durante los años 1990 – 2000 el distrito de San Juan de Lurigancho no contaba con una actividad comercial tan surtida como en la actualidad. Nuevas panaderías, supermercados y nuevos comercios implicaban redefinir el rumbo del negocio y hacerles frente; motivo por la cual se busca redefinir o replantear los procesos.

La necesidad de replantear todos los procesos ligados al negocio, tanto administrativo como operativo; y mantenerse competitivo en el mercado cumpliendo con sus clientes, pero también con sus trabajadores quienes a pesar del descontento muestran una lealtad admirable.

El presente trabajo ofrece una posibilidad de mejorar un proceso operativo clave en todo negocio de productos de consumo masivo: la Producción. la idea de la investigación se centra en optimizar dicho proceso de tal manera que se pueda aprovechar los recursos con los que se cuenta de modo que no se genere un gasto mayor en la empresa al encontrarse en reestructuración.

La Investigación de Operaciones nos ofrece la posibilidad de optimizar el proceso mencionado anteriormente de modo que en esta oportunidad se buscará aprovechar el modelo matemático, elementos importantes de la investigación de operaciones, para optimizar dicho proceso de la empresa panificadora y con este resultado poder tomar decisiones respecto a cambios futuros en el proceso productivo, y así lograr satisfacer la demanda, contar con ingresos diarios adecuados y disponer de los recursos necesarios.

En primer lugar, desarrollaremos la situación problemática de la empresa panificadora, para luego realizar la formalización del problema abarcado, la justificación teórica, la justificación práctica y definir los objetivos del estudio, los cuales, de manera general, buscan mejorar el proceso de producción de una empresa panificadora de modo que también será posible demostrar que dicho modelo matemático no solo puede ser aplicado a grandes y complejos procesos de grandes empresas. El Proceso de Mejoramiento, después de un análisis

adecuado, nos permitirá saber cuánto producir para lograr satisfacer la demanda y maximizar las utilidades aprovechando los recursos disponibles.

Luego de plantear los objetivos, se presenta una descripción del método utilizado en el estudio. En esta ocasión el estudio se apoya en un modelo probabilístico de planeación con mezcla de productos. También se muestra información de la empresa, así como una descripción de la situación actual de los procesos estudiados.

1.2. Situación Problemática

1.2.1. Reseña histórica y filosofía organizacional

La empresa que servirá como modelo de estudio es la Industria Panificadora La Montañeza E.I.R.L. o mejor conocida como Panificadora La Montañeza, pequeña empresa familiar ubicada Jr. los Ingenieros 3917,distrito de San Juan de Lurigancho; que cuenta con poco más de 10 trabajadores, que tiene como objetivo dedicarse a la elaboración de pan, pasteles, dulces en general y otros derivados de harina de trigo, dedicándose también a otras actividades de compra venta; y toda actividad afín y conexa al objeto empresarial, contando para tal fin con un local propio en el distrito en mención.

Fundada en el año 1995 en el distrito de San Juan de Lurigancho por los esposos Pelagia Crisóstomo Quispe y Ancelmo Bejarano Briceño quienes, al buscar una alternativa de solución al ingreso familiar, además de valerse de la experiencia obtenida en ese entonces por el jefe de hogar en sus 10 años como maestro panadero en diversas industrias panificadoras y como respuesta a un programa para la inversión en negocios de panificación de COFIDE, que después de gestionar el proyecto e inversión se puso en marcha el negocio en

un primer momento como una Sociedad Cerrada de Responsabilidad Limitada (S.C.R.L.).

En aquel momento iniciaron sus actividades solo con la colaboración de un maestro panadero y el propio dueño, un ayudante, una cajera (la esposa) y dos vendedoras (sobrinas de la señora esposa), además de contar con sólo un horno de diez bandejas, el cual, dos años más tarde, tuvo que ser reemplazado debido a la amplia aceptación del público y al respectivo crecimiento de la demanda. Se notaba considerablemente el incremento de clientes, así que para ello adquirieron un horno de dieciocho bandejas y se incrementó el personal, actualmente cuentan con tres maestros panaderos, dos ayudantes, una cajera, cuatro vendedores, entre otros. Así mismo, en lo que se refiere a infraestructura y maquinarias, la empresa cuenta con un local propio, ubicado en Jr. los Ingenieros 3917, distrito de San Juan de Lurigancho, debidamente acondicionado adecuadamente para realizar las labores de producción, empaque, almacenaje, distribución-despacho y todas las actividades relacionadas con el negocio emprendido.

Durante muchos años la empresa ha mostrado cierto grado de madures, debido a la preferencia del mercado ganado en el distrito de San Juan de Lurigancho, llegando incluso a expandir su distribución en distritos de Lima metropolitana como Lince, La Victoria, San Luis y Santa Anita. Tiene productos de excelente calidad y una buena ubicación, sin embargo, a finales del 2012, la empresa se encontraba en declive puesto que las decisiones administrativas se habían descuidado mucho, por lo que, el control de todos sus procesos era mínimo; sumado a ello la salida de la entonces esposa como socia de la empresa. Esto se manifestaba por los reportes de pérdidas económicas, la inadecuada distribución y despacho a los clientes y la desmotivación del personal el cual se encontraba descontento por la falta de una dirección y normas claras. Es por esto que, los fines de la empresa hasta el año 2012 fueron la supervivencia financiera o permanencia en el mercado, ya que, ante la situación descrita, para el propietario era preferible mantenerla como se pudiese antes de cerrar el negocio.

A pesar de las circunstancias negativas que vivía la empresa, el trabajo se caracterizaba por el respeto, la honestidad, la confianza y la lealtad en todos los niveles. Todo ello porque como empresa familiar se brindaba a los colaboradores confianza y estima, haciéndolos sentir siempre como parte de la familia; quienes retribuían a los propietarios demostrando lealtad. En el año 2012, el 50% de los trabajadores tenían más de 5 años laborando en la empresa, característica poco común en trabajadores de empresas de panificación, lo cual, demuestra la confianza mutua entre directivos-propietarios y colaboradores. Si bien es cierto, por falta de organización, en la empresa las cosas no han marchado del todo bien y constantemente se intenta mejorar la garantía y la calidad de servicio, para que ésta sea y siga siendo considerada una de las mejores del distrito de San Juan de Lurigancho.

1.2.2. Productos, servicios y diagnóstico organizacional

La razón social de la empresa es “Industria Panificadora LA MONTAÑEZA E.I.R.L.” su RUC es 20601569800 y su denominación comercial viene a ser “Panificadora LA MONTAÑEZA”. La empresa en un primer momento fue de tipo familiar donde los dos únicos socios estaban conformados por doña Pelagia Crisóstomo Quispe y don Ancelmo Bejarano Briceño; actualmente se encuentra constituida como una E.I.R.L (Empresario Individual de Responsabilidad Limitada) e inscrita en el REMYPE (Registro de la Micro y Pequeña empresa) donde el único propietario es don Ancelmo Bejarano Briceño.

La empresa tiene como finalidad empresarial la producción y comercialización de productos de panificación, así como el servicio de actividades propias de la empresa, contando para tal fin con un local propio en Jr. Los Ingenieros 3917 en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Entre sus productos destacan una variedad de panes tales como los de hamburguesa, de yema, francés, italiano, de manteca, coliza, marraqueta, mica, mollete, etc. Así como pan de molde, Empanadas de globo (azucaradas),

tostadas, rosquitas, empanadas, bizcochos de vainilla, bizcochos de canela, entre otros.

Destacan también los productos de temporada como el panetón producido entre octubre y enero de cada año. Entre los servicios ofrecidos como actividad propia de la empresa se encuentra el servicio de horneado, particularmente en fechas festivas de celebración como 28 de Julio, navidad y año nuevo.

En lo que respecta al mercado, se pueden diferenciar 2 tipos de clientes que son los clientes que llegan directamente a la empresa haciendo uso de su propia movilidad y aquellos que se abastecen por medio de pedidos generados por los vendedores o llamadas telefónicas directamente al área de recepción – caja.

La empresa cuenta con los equipos necesarios para la elaboración de los productos. Se cuenta con equipos JOSISA, empresa dedicada a la fabricación y comercialización de maquinaria de panificación. Actualmente posee un horno (con sus respectivos coches y bandejas), 2 amasadoras, 1 divisora y 1 molino de pan. Cuenta, además con equipos de refrigeración, congelamiento y conservación. Dentro de las instalaciones, se encuentran debidamente acondicionados el área de distribución con un espacio de trabajo adecuado para el embolsado de productos; un taller para trabajo con su respectiva cámara de fermentación y almacén de insumos y materias primas. Por otro lado, los trabajadores cuentan con instalaciones adecuadas para un buen desempeño laboral ya que disponen de servicios higiénicos y vestidores.

En lo que respecta al personal, en el área de ventas y comercialización laboran 3 personas, 2 dedicadas a la venta en caja y 3 dedicadas a la atención de los clientes. En el área operativa se cuenta con la colaboración de 6 personas, 3 maestros panaderos, 2 ayudantes, uno de los cuales colabora en limpieza, y uno dedicado al área de pastelería. En los primeros años tampoco existía una gestión adecuada de personal que implicaba una comunicación mínima entre personal y gerencia. Actualmente, dicha deficiencia ha sido superada y la

comunicación se ha incrementado notablemente trayendo beneficios en cuanto al clima laboral, la productividad y eficiencia.

Al año 2014 la empresa no tenía definido ningún tipo de proceso y todo se realizaba de manera informal y verbal de modo que no existía ningún tipo de reglamento o manual documentados y se regía en base a la tradición o experiencia del día a día, muy particularmente del mismo propietario; por lo tanto, no había una planificación adecuada en ningún tipo de proceso, incluido el manejo de personal.

En cuanto a la demanda, para el caso del pan, ésta se asumía que era constante. No existía tampoco una planificación, registro o una manera adecuada de estimarla y en este caso también influía la experiencia del día a día para la programación de la producción del nuevo día. En temporadas altas (invierno, navidad o los meses en que se inician las clases escolares) la demanda se estimaba de acuerdo a la experiencia de años anteriores, sin embargo, esto tampoco estaba registrado y la estimación era muchas veces inexacta; por tal motivo se empezó a registrar los pedidos diarios en hojas de cálculo en el área de caja.

Del mismo modo, no existía un control de costos y por ende no había registro alguno, de modo que los precios eran establecidos por el propio dueño en base a lo que ofrecía el mercado y la competencia y en muchos casos los precios no eran los adecuados lo que llevaba a registrar pérdidas significativas.

Actualmente la manera de trabajo en la administración ha puesto énfasis en estas áreas y poco a poco ha ido documentando todo lo necesario para un mejor manejo de los procesos administrativos y operativos dándole un enfoque más formal.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Cómo optimizar el plan anual de producción de Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L., de manera que se obtenga una mayor utilidad satisfaciendo la demanda mensual de pan?

1.3.2. Problemas Específicos

a) ¿Cómo obtener el nivel de producción anual óptimo por cada variedad de pan elaborado por mes que satisfaga tanto la demanda esperada como la disponibilidad de insumos en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.?

b) ¿Cómo formular un plan de producción anual que minimice los costos asumidos por la compra de insumos, considerando las fluctuaciones de la demanda mensual en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.?

1.4. Justificación Teórica

El presente estudio constituye un aporte a la literatura existente en planificación de la producción en empresas emergentes del sector alimentos preparados y productos perecibles en el Perú, y más concretamente, en empresas familiares a quienes la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria suele categorizar estratégicamente como MEPECOs[1] (Medianos y Pequeños Contribuyentes) por su constitución básica, cuyos procesos siguen administrándose bajo un enfoque empírico y sencillo, no obstante la magnitud de recursos intervinientes en los grandes volúmenes de producción que elaboran. De otro lado, el estudio de la planificación de la producción maestra, agregada y estratégica en el Perú suele ser abordado con métodos determinísticos, sobre todo en organizaciones empresariales pequeñas, a pesar de que sus ratios de venta son generalmente inestables, dependiendo en gran medida de las fluctuaciones del mercado. Asimismo, dada la complejidad de los métodos para la toma de decisiones bajo condiciones de incertidumbre, la investigación aplicada en entornos empresariales pequeños es aún insipiente en el país. Considerando que, en 2018 el 99.1% de las empresas en el Perú eran MYPES[2], esta realidad se vuelve aún más preocupante, ya que refleja el casi nulo desarrollo de la aplicación de métodos para la optimización en las unidades de producción a nivel nacional, haciéndolas menos rentables, competitivas y sustentables. En ese sentido, el presente trabajo pretende contribuir a la reducción de la brecha de conocimiento existente en nuestro entorno.

[1] *¿Cómo estamos en cultura tributaria? Conoce el diccionario de tributación*, Diario virtual PQS #LaVozDelEmpendedor (Guzmán, 2017)
[2] *Perú: Estructura Empresarial, 2018*, INEI (Intituto Nacional de Estadística e Informática, 2019)

1.5. Justificación Práctica

Los resultados y metodología de análisis utilizados en la presente investigación servirán de base para los decisores y otros investigadores de optimización de procesos en micro y pequeñas empresas, para la planificación de sus procesos productivos considerando un esquema científico formal, que coadyuve al sustento de sus decisiones y la formulación de mejores métodos de planificación de la producción tomando en cuenta la variabilidad del entorno, así como las leyes de probabilidad que gobiernan a los indicadores claves, bajo un enfoque de programación estocástica.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar un plan anual de producción óptimo para Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L., que permita obtener la mejor utilidad satisfaciendo la demanda mensual de pan.

1.6.2. Objetivos Específicos

a) Optimizar el nivel de producción mensual por cada variedad de pan, de tal manera que satisfaga tanto la demanda esperada como la disponibilidad de insumos en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.

b) Determinar un plan anual de producción que minimice los costos asumidos por la compra de insumos, considerando las fluctuaciones de la demanda mensual en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis General

Definimos la hipótesis general de la siguiente manera:

H_0 : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos establecerá un plan anual de producción óptimo para Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L., que permita obtener la mejor utilidad satisfaciendo la demanda mensual de pan.

H_1 : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos no establecerá un plan anual de producción óptimo para Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L., que permita obtener la mejor utilidad satisfaciendo la demanda mensual de pan.

1.7.2. Hipótesis Específicas

a) Formulamos la primera hipótesis específica de la siguiente manera:

H_{0_a} : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos permitirá obtener un nivel óptimo de producción mensual por cada variedad de pan, de tal manera que satisfaga tanto la demanda esperada como la disponibilidad de insumos en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.

H_{1_a} : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos no permitirá obtener un nivel óptimo de producción mensual por cada variedad de pan, de tal manera que satisfaga tanto la demanda esperada como la disponibilidad de insumos en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L..

b) Formulamos la segunda hipótesis específica de la siguiente manera:

H_{0_b} : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos permitirá determinar un plan anual de producción que minimice los costos asumidos por la compra de insumos, considerando las fluctuaciones de la demanda en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.

H_{1_b} : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos no permitirá determinar un plan anual de producción que minimice los costos asumidos por la compra de insumos, considerando las fluctuaciones

de la demanda en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.

1.7.3. Variables

Considerando que la presente investigación constituye en esencia una propuesta de mejora y dado el propio carácter aplicativo de la misma, no se pretende establecer una relación de dependencia entre las variables. Establecido lo anterior, se definen las siguientes variables de estudio:

1.7.3.1. ***Variable no controlable.*** Demanda de pan en Industrias Panificadoras “La Montañeza E.I.R.L. para el periodo junio 2022 – mayo 2023 (Proceso estocástico)

1.7.3.2. ***Variable de decisión.*** Plan de producción de pan en Industrias Panificadoras “La Montañeza E.I.R.L. para el periodo junio 2022 – mayo 2023.

1.7.4. Operacionalización de Variables

Cuadro 1
Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Sub dimensiones	Operacionalización Indicadores	Tipo de variable
V1. Demanda de pan en Industrias Panificadoras "La Montañeza E.I.R.L. para el periodo junio 2022 – mayo 2023 (Proceso estocástico)	Deseo que se tiene de adquirir productos de panadería, expresado en lenguaje cuantitativo, que está respaldado por una capacidad de pago. (Kotler & Keller, 2012)	1.1. Demanda mensual de pan	1.1.1. Demanda mensual de pan de variedad Bambuco	Demanda de pan de tipo Bambuco en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			1.1.2. Demanda mensual de pan de variedad Bizcocho chico	Demanda de pan de tipo Bizcocho chico en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			1.1.3. Demanda mensual de pan de variedad Bizcocho normal	Demanda de pan de tipo Bizcocho normal en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			1.1.4. Demanda mensual de pan de variedad Camote	Demanda de pan de tipo Camote en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			1.1.5. Demanda mensual de pan de variedad Caracol	Demanda de pan de tipo Caracol en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Sub dimensiones	Operacionalización Indicadores	Tipo de variable
			1.1.6. Demanda mensual de pan de variedad Coliza	Demanda de pan de tipo Coliza en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			1.1.7. Demanda mensual de pan de variedad Galleta de agua	Demanda de pan de tipo Galleta de agua en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			1.1.8. Demanda mensual de pan de variedad Hamburguesa	Demanda de pan de tipo Hamburguesa en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			1.1.9. Demanda mensual de pan de variedad Integral	Demanda de pan de tipo Integral en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			1.1.10. Demanda mensual de pan de variedad Petipán	Demanda de pan de tipo Petipán en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			1.1.11. Demanda mensual de pan de variedad Serrano	Demanda de pan de tipo Serrano en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			1.1.12. Demanda mensual de pan de variedad Tostada	Demanda de pan de tipo Tostada en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Sub dimensiones	Operacionalización Indicadores	Tipo de variable
			1.1.13. Demanda mensual de pan de variedad Yema	Demanda de pan de tipo Yema en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
V2. Plan de producción de pan en Industrias Panificadoras "La Montañeza E.I.R.L. para el periodo junio 2022 – mayo 2023	Volumen contemplado en el plan operativo de la empresa, fruto de las operaciones productivas de la misma, es decir, el resultado del proceso de manufactura del producto y de la transformación de los recursos (humanos, materiales y tecnológicos) intervinientes en la ejecución de las operaciones. (Cámara Oficial de Comercio, Industria, Servicios y Navegación de Santa Cruz de Tenerife, 2019)	2.1. Nivel de producción mensual de pan	2.1.1. Nivel de producción mensual de pan de variedad Bambuco	Cantidad de pan de tipo Bambuco a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.1.2. Nivel de producción mensual de pan de variedad Bizcocho chico	Cantidad de pan de tipo Bizcocho chico a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.1.3. Nivel de producción mensual de pan de variedad Bizcocho normal	Cantidad de pan de tipo Bizcocho normal a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.1.4. Nivel de producción mensual de pan de variedad Camote	Cantidad de pan de tipo Camote a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.1.5. Nivel de producción mensual de pan de variedad Caracol	Cantidad de pan de tipo Caracol a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Sub dimensiones	Operacionalización Indicadores	Tipo de variable
			2.1.6. Nivel de producción mensual de pan de variedad Coliza	Cantidad de pan de tipo Coliza a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.1.7. Nivel de producción mensual de pan de variedad Galleta de agua	Cantidad de pan de tipo Galleta de agua a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.1.8. Nivel de producción mensual de pan de variedad Hamburguesa	Cantidad de pan de tipo Hamburguesa a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.1.9. Nivel de producción mensual de pan de variedad Integral	Cantidad de pan de tipo Integral a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.1.10. Nivel de producción mensual de pan de variedad Petipán	Cantidad de pan de tipo Petipán a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.1.11. Nivel de producción mensual de pan de variedad Serrano	Cantidad de pan de tipo Serrano a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Sub dimensiones	Operacionalización Indicadores	Tipo de variable
			2.1.12. Nivel de producción mensual de pan de variedad Tostada	Cantidad de pan de tipo Tostada a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.1.13. Nivel de producción mensual de pan de variedad Yema	Cantidad de pan de tipo Yema a producir en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
		2.2. Costos asumidos por la compra de insumos	2.2.1. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Bambuco	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Bambuco en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.2.2. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Bizcocho chico	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Bizcocho chico en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.2.3. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Bizcocho normal	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Bizcocho normal en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 6. diciembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.2.4. Costo mensual de insumos para	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Camote en el mes de 1. julio de 2022 2. agosto de 2022 3. setiembre de 2022 4. octubre de 2022 5. noviembre de 2022 7. enero de 2023 8. febrero de 2023 9. marzo de 2023 10. abril de 2023 11. mayo de 2023	Cuantitativa discreta: De razón

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Sub dimensiones	Operacionalización Indicadores	Tipo de variable
			producir pan de variedad Camote	6. diciembre de 2022 12. junio de 2023	
			2.2.5. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Caracol	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Caracol en el mes de 1. julio de 2022 7. enero de 2023 2. agosto de 2022 8. febrero de 2023 3. setiembre de 2022 9. marzo de 2023 4. octubre de 2022 10. abril de 2023 5. noviembre de 2022 11. mayo de 2023 6. diciembre de 2022 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.2.6. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Coliza	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Coliza en el mes de 1. julio de 2022 7. enero de 2023 2. agosto de 2022 8. febrero de 2023 3. setiembre de 2022 9. marzo de 2023 4. octubre de 2022 10. abril de 2023 5. noviembre de 2022 11. mayo de 2023 6. diciembre de 2022 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.2.7. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Galleta de agua	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Galleta de agua en el mes de 1. julio de 2022 7. enero de 2023 2. agosto de 2022 8. febrero de 2023 3. setiembre de 2022 9. marzo de 2023 4. octubre de 2022 10. abril de 2023 5. noviembre de 2022 11. mayo de 2023 6. diciembre de 2022 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.2.8. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Hamburguesa	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Hamburguesa en el mes de 1. julio de 2022 7. enero de 2023 2. agosto de 2022 8. febrero de 2023 3. setiembre de 2022 9. marzo de 2023 4. octubre de 2022 10. abril de 2023 5. noviembre de 2022 11. mayo de 2023 6. diciembre de 2022 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.2.9. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Integral	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Integral en el mes de 1. julio de 2022 7. enero de 2023 2. agosto de 2022 8. febrero de 2023 3. setiembre de 2022 9. marzo de 2023 4. octubre de 2022 10. abril de 2023 5. noviembre de 2022 11. mayo de 2023 6. diciembre de 2022 12. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Sub dimensiones	Operacionalización Indicadores	Tipo de variable
			2.2.10. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Petipán	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Petipán en el mes de 7. julio de 2022 8. agosto de 2022 9. setiembre de 2022 10. octubre de 2022 11. noviembre de 2022 12. diciembre de 2022 13. enero de 2023 14. febrero de 2023 15. marzo de 2023 16. abril de 2023 17. mayo de 2023 18. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.2.11. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Serrano	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Serrano en el mes de 13. julio de 2022 14. agosto de 2022 15. setiembre de 2022 16. octubre de 2022 17. noviembre de 2022 18. diciembre de 2022 19. enero de 2023 20. febrero de 2023 21. marzo de 2023 22. abril de 2023 23. mayo de 2023 24. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.2.12. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Tostada	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Tostada en el mes de 19. julio de 2022 20. agosto de 2022 21. setiembre de 2022 22. octubre de 2022 23. noviembre de 2022 24. diciembre de 2022 25. enero de 2023 26. febrero de 2023 27. marzo de 2023 28. abril de 2023 29. mayo de 2023 30. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón
			2.2.13. Costo mensual de insumos para producir pan de variedad Yema	Costo mensual de insumos para producir pan de tipo Yema en el mes de 25. julio de 2022 26. agosto de 2022 27. setiembre de 2022 28. octubre de 2022 29. noviembre de 2022 30. diciembre de 2022 31. enero de 2023 32. febrero de 2023 33. marzo de 2023 34. abril de 2023 35. mayo de 2023 36. junio de 2023	Cuantitativa discreta: De razón

Fuente: Elaboración propia, 2022.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La aplicación de los conceptos y procedimientos de programación estocástica están muy presentes en el estudio de casos a nivel internacional, siendo que existe incluso la *Stochastic Programming Society* (SPS), gremio que agrupa a diversos investigadores de distintos países, quienes se abocan al desarrollo de modelos, métodos y teorías para la toma de decisiones bajo condiciones de incertidumbre, así como a la promoción de su estudio y progreso, generando estándares y herramientas informáticas para la automatización de los procesos de resolución de problemas a través del intercambio de información entre los usuarios y estudiantes en el área de la programación estocástica. (Stochastic Programming Society, 2022)

Revisando la literatura a nivel local, se observa que el uso de métodos de programación estocástica, si bien aún es insipiente, representa un área en constante crecimiento, siendo principalmente utilizada para resolver problemas de asignación, financieros y de modelamiento de procesos industriales a gran escala; no obstante, considerando que en el Perú más del 99% de las empresas son MYPES[3], llama poderosamente la atención el no encontrar un mayor número de investigaciones realizadas en este tipo de emprendimientos: en los repositorios Scielo, Dialnet y SSRN no se encontraron resultados de estudios de

[3] *Perú: Estructura Empresarial, 2018*, INEI (Intituto Nacional de Estadística e Informática, 2019)

programación estocástica realizados en MYPEs, en el repositorio del Ministerio de Educación del Perú se encontraron 64 resultados, en el de la Universidad Peruana Cayetano Heredia 34 resultados, en el de la Universidad Nacional de Ingeniería 27 resultados y en el de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos 3 resultados, todos ellos no necesariamente relacionados con la programación estocástica y MYPEs en simultáneo, finalmente, en el repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú no se encontraron resultados. A pesar de esto, los pocos estudios realizados en esta área aportan superlativamente a la comprensión y desarrollo del campo.

Dentro de los trabajos analizados, cabe reseñar los siguientes:

2.1.1. Antecedentes internacionales

Patankar et al. (2019) en su trabajo intitulado “Construyendo un planeamiento de electricidad desde la incertidumbre sobre la incidencia de conflictos: Un caso de estudio de Sudán del Sur” (*Building conflict uncertainty into electricity planning: A South Sudan case study*), presentado para el Departamento de Investigación de Operaciones de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, desarrollaron estrategias de planeación para la implementación de redes eléctricas en la joven nación de Sudán del Sur, país que desde su reciente nacimiento en 2011 ha sufrido de incesantes conflictos armados producto de una guerra civil con muy pocos periodos de tregua. Para esto, plantearon un modelo de optimización estocástica del sistema de energía que considera explícitamente la posibilidad de ataques directos o conflictos armados que incidan sobre las instalaciones y produzcan daños al generador de energía eléctrica. La investigación da inicio detallando los aspectos más relevantes del esfuerzo hecho para lograr el modelado, describiendo las herramientas para el análisis y optimización del modelo de energía eléctrica, la construcción del mismo en lenguaje de código abierto y la obtención del conjunto de datos que serían utilizados para correr el modelo. Luego, se expone el Método de Morris,

una técnica de análisis de sensibilidad que permite identificar los parámetros de entrada con el mayor efecto en el costo total del sistema. Subsiguientemente, se formula el modelo estocástico, se estima el método por el cual el generador podría recibir daños y las métricas para evaluar el costo de la incertidumbre respecto a la ocurrencia de conflictos armados: el valor esperado de la información perfecta (EVPI) y el valor de la solución estocástica (VSS), además, los autores introducen una tercera métrica a la que denominan “costo esperado de ignorar conflictos” (ECIC), que estima los ahorros asociados con la búsqueda de la solución de la programación estocástica en vez de una solución de menor costo (considerada ingenua) que ignora el conflicto por completo. (Patankar et al., 2019)

Así, el modelo consideró distintas estrategias para abordar la problemática, contando con que aquellas que lograsen evadir futuros conflictos poseerían el mayor valor económico en distintos escenarios, dado que evitarían subsecuentes daños en infraestructuras de gran inversión a corto plazo. Finalmente, el modelo arrojó resultados que mostraron a los paneles solares fotovoltaicos como una alternativa que jugaría un rol crítico en el futuro sistema eléctrico sudsudanés. Además de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar el acceso a la electricidad, este análisis sugiere que la energía solar se puede utilizar para protegerse de las pérdidas económicas sufridas por los conflictos armados. Si bien este análisis se centra en Sudán del Sur, el marco analítico se puede aplicar a otros países propensos a conflictos, desastres naturales o económicos. (Patankar et al., 2019)

El mayor aporte del trabajo del equipo liderado por Neha Patankar a la presente investigación estriba en el marco metodológico utilizado para la formulación del modelo de programación estocástica, la obtención de las métricas adecuadas para formular los indicadores clave del modelo (EVPI, VSS) y la estimación de escenarios por medio de árboles de decisión bien detallados.

De otro lado, Ramírez y Pardo (2020), en su trabajo intitulado *“Modelo de planificación táctica de cultivos bajo incertidumbre”*, presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre de Colombia en Bogotá D.C., desarrollaron un modelo a nivel táctico con el objetivo de optimizar la cadena de suministro de la producción de maracuyá en el Municipio de Suaza (Departamento de Huila, Colombia), tomando como marco de trabajo la evaluación de tres escenarios posibles, con la intención de servir como herramienta de sustento a la toma de decisiones en la planificación del cultivo. El trabajo realza la importancia de la toma de decisiones como proceso medular en la planificación de la producción, enfocado desde la perspectiva del plan de cultivo dadas las condiciones de incertidumbre propias de la actividad, lo que hace necesario el uso de la programación estocástica de la producción para mitigar las posibles pérdidas en la industria. Las autoras utilizan un modelo estocástico bietápico, tomando los resultados hallados en la primera etapa se utilizan para satisfacer las condiciones necesarias en el programa aplicado en la segunda etapa, que considera los aspectos probabilísticos del método. Posteriormente, los resultados del modelo arrojan las áreas a sembrar por cada productor de maracuyá que minimizan los costos con un mejor rendimiento, luego, en la segunda etapa se toma al precio como una variable aleatoria, permitiendo analizar la utilidad esperada en los escenarios propuestos. (Ramírez & Pardo, 2020)

La metodología empleada para el estudio realizado por Ramírez y Pardo inicia con la identificación de parámetros y variables de decisión para la cadena productiva de maracuyá, luego los enuncian asignándoles denominaciones a cada uno para después proseguir con el desarrollo y aplicación de la programación matemática, que considera las dos etapas del modelado, la determinística y la estocástica, culminando con el establecimiento de los escenarios de evaluación de las alternativas para la ejecución del modelo. El trabajo finaliza mostrando los resultados del modelo táctico diseñado para la planificación de la producción bietápica de cultivos, en los que se recomienda la cantidad de hectáreas que cada productor debe utilizar para la siembra de maracuyá en los tres escenarios

evaluados, además del resultado estocástico esperado. (Ramírez & Pardo, 2020)

La investigación de Ramírez y Pardo aporta un método más cercano a la realidad en estudio del presente trabajo, puesto que se enfoca en la planeación de producción de perecibles bajo distintos escenarios de incertidumbre, con demandas probabilísticas y riesgo de pérdidas. Además, brinda un marco de trabajo para la formulación de los escenarios basados en la teoría de la utilidad. En la presente investigación se podrá utilizar el enfoque de cada productor visto como una variedad de pan a producir, considerando las restricciones de demanda y la parametrización de los coeficientes tecnológicos para la elaboración de cada variedad contemplada.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Collantes (2018) en su trabajo intitulado *"Análisis y propuesta de mejora en el proceso de lavado y teñido de prendas de vestir aplicando herramientas de Lean Manufacturing e Investigación de Operaciones"*, presentado para optar el Título de Ingeniero Industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú, desarrolla un análisis para optimizar los procesos de producción en una Mype dedicada al lavado y teñido de prendas de vestir. Elabora su investigación en dos etapas, diagnosticando primero la situación actual para después identificar y desarrollar oportunidades de mejora. A este efecto, utiliza herramientas de administración basadas en la metodología de mejora continua de la Casa Toyota, como son las técnicas 5S, Kaizen y Poka Yoke, asimismo, emplea los indicadores evaluados para componer un modelo de programación lineal que optimice la gama de producción considerando la reducción de pérdidas enfocadas en los procesos estudiados, para esto, resuelve el problema con los métodos de programación entera. (Collantes, 2018)

Del trabajo de Collantes, para la presente investigación se rescata la metodología para el modelamiento de los procesos productivos, tomando como restricciones las limitaciones operativas y las fluctuaciones de la demanda en una Mype de entorno semejante a la empresa evaluada. Asimismo, la aplicación de modelos de programación lineal y entera brinda una perspectiva clara sobre el enfoque que debería adoptar la investigación, aviniendo los criterios de decisión con los que se valorará cada variable.

Asimismo, Kau (2018), en su trabajo intitulado *"Minimización por el Método Simplex en contenidos grasos y sus respectivos costos en dieta normal servidas en el Hospital Nacional Cayetano Heredia"*, presentado para optar el grado de Maestro en Matemáticas Aplicadas, elabora una metodología para la aplicación de un modelo de programación lineal que optimiza la proporción de contenidos grasos en un problema de dietas aplicado a las raciones que se sirven a los pacientes en el Hospital Nacional Cayetano Heredia, priorizando el uso de los recursos y procurando la minimización del costo total del menú final programado para un cierto periodo de tiempo. (Kau, 2018)

La propuesta metodológica efectuada por Kau plantea una organización de los datos similar a la requerida para la realización del presente estudio. El problema de mezcla de productos enfocado en la minimización de contenidos grasos y reducción de los costos de producción requiere que la información sobre precios y cantidades de los insumos esté estructurada en tablas según el menú a preparar, incidiendo en un análisis minucioso de los posibles volúmenes de producción. En la presente investigación se tomará el mismo modelo para la estructuración de la información a utilizar.

2.2. Bases teóricas

Para la realización de la presente investigación se consultó diversas fuentes para la elaboración del marco teórico, de donde se ha constituido la perspectiva teórica que forma la estructura sobre la cual se aplicará la propuesta de solución al problema planteado en el Capítulo I. Para Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) el desarrollo de la perspectiva teórica es un proceso y un producto: un proceso de investigación en el que el investigador se empapa del conocimiento existente y disponible, generalmente vinculado con el problema planteado, y un producto constituido por el marco teórico, el que, a su vez, forma parte del producto mayor que es el reporte de investigación. Por lo que, luego de plantear el problema de investigación y evaluar la relevancia y factibilidad del mismo, el siguiente paso es sustentar teóricamente el estudio (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018), para lo cual se presentan a continuación las bases teóricas fundamentales para el desarrollo de la perspectiva teórica.

2.2.1. Programación Lineal

Calificada como uno de los avances científicos más importantes de mediados del siglo XX, la programación lineal es la herramienta más común utilizada para tratar con el problema general de asignar de forma óptima un determinado número de recursos disponibles (y generalmente escasos) a actividades que compiten entre sí por utilizarlos, describiendo la realidad en estudio en un modelo matemático conformado estrictamente por funciones lineales. La palabra “programación” es utilizada en su acepción de “planeación”, dado que la resolución de un problema de programación lineal da como resultado un plan de realización de las actividades modeladas optimizando simultáneamente el uso de los recursos, los costos y los beneficios finales esperados de su ejecución. (Hillier & Lieberman, 2010)

Un problema de programación lineal consta de un conjunto de funciones lineales, una de ellas como función objetivo y el resto, un subconjunto de m restricciones ($m = 1,2,\cdots,m$), generalmente inecuaciones, organizadas de la siguiente manera:

$$Opt\ z = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^{n} a_{1i} x_i \leq (=, \geq) b_1$$

$$\sum_{i=1}^{n} a_{2i} x_i \leq (=, \geq) b_2$$

$$\vdots$$

$$\sum_{i=1}^{n} a_{mi} x_i \leq (=, \geq) b_m$$

$$x_i \geq 0 \ \ \forall i = 1,2,\cdots,n$$

Donde el objetivo a optimizar (Opt) puede ser de maximización (Max) o de minimización (Min), el número n es la cantidad de recursos disponibles a programar, el número m representa a la cantidad de actividades que se desea ejecutar y se encuentran en competencia por el uso de los recursos, las variables x_i ($\forall i = 1,2,\cdots,n$) son llamadas “variables de decisión” y pertenecen a un espacio vectorial topológico localmente convexo, también definido como conjunto convexo. Las constantes c_i ($\forall i = 1,2,\cdots,n$) se conocen como “parámetros de costo” y representan la penalidad o beneficio a optimizar por el uso de los recursos. Las constantes a_{ij} ($\forall i = 1,2,\cdots,n;\ \forall j = 1,2,\cdots,m$) son denominadas “coeficientes tecnológicos” y denotan la participación de los recursos en cada actividad en competencia por utilizarlos. Las constantes b_j ($\forall j = 1,2,\cdots,m$) indican la cantidad mínima, máxima o exacta de resultados (productos o acciones) que se requiere obtener al ejecutar cada una de las m actividades y son

conocidas como “coeficientes del lado derecho”. El problema de programación lineal así definido es denominado en su forma “canónica”. (Buffa & Dyer, 1983)

Existe también la posibilidad de formular el problema en forma matricial. Sean:

$$\boldsymbol{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \qquad \boldsymbol{c} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix} \qquad \boldsymbol{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$$

$$\boldsymbol{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

Entonces el problema de programación lineal queda definido como:

$$Opt\ z = \boldsymbol{c}^T \boldsymbol{x}$$

Sujeto a:

$$\boldsymbol{Ax} \leq (=, \geq) \boldsymbol{b}$$

$$\boldsymbol{x} \geq \mathbf{0}$$

Donde $\mathbf{0}$ es el vector nulo, tal que

$$\mathbf{0} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}$$

Para el tratamiento de la información que conforma el problema de programación lineal mediante el Método Simplex, es necesario expresar el problema en su forma “estándar”, es decir, introduciendo variables de holgura para conseguir que las restricciones se conviertan en ecuaciones, asegurando la igualdad con los coeficientes del lado derecho en todos los casos (Hillier & Lieberman, 2010). Así tenemos:

$$Opt\ z = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^{n} a_{1i} x_i + s_1 = b_1$$

$$\sum_{i=1}^{n} a_{2i} x_i + s_2 = b_2$$

$$\vdots$$

$$\sum_{i=1}^{n} a_{mi} x_i + s_m = b_m$$

$$x_i \geq 0 \ \ \forall i = 1,2,\cdots,n$$

$$s_j \geq 0 \ \ \forall j = 1,2,\cdots,m$$

Este problema puede ser escrito en forma matricial de la siguiente manera:

$$\begin{pmatrix} 1 & -\boldsymbol{c}^T & \boldsymbol{0} \\ 0 & \boldsymbol{A} & \boldsymbol{I} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z \\ \boldsymbol{x} \\ \boldsymbol{x_s} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{b} \end{pmatrix}$$

Donde $\boldsymbol{I}$ es el vector unitario y $\boldsymbol{x_s}$.es el vector que contiene las variables de holgura introducidas para obtener la forma estándar, tal que

$$\boldsymbol{x_s} = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_m \end{pmatrix}$$

2.2.2. Conjunto convexo

Intuitivamente se puede definir a un conjunto convexo como aquel en el que cualquier segmento que una dos puntos cualesquiera del conjunto, siempre

va a pertenecer en su totalidad al mismo conjunto. (Grup d'Innovació Docent en Matemàtica Econòmica i Optimització, 2022)

Así, tenemos entonces lo siguiente:

2.2.2.1. Definición (combinación convexa). Sea V un espacio vectorial real y sean $v_1, \cdots, v_m$ vectores del espacio V. Entonces cualquier vector de la forma

$$\sum_{k=1}^{m} \alpha_k v_k$$

Donde $\alpha_1 \geq 0, \cdots, \alpha_m \geq 0$ y $\sum_{k=1}^{m} \alpha_k = 1$, se llama *combinación convexa* de los vectores $\mathrm{v}_1, \cdots, \mathrm{v}_\mathrm{m}$. (Maximenko, 2022)

2.2.2.2. Definición (conjunto convexo). Sea V un espacio vectorial real. Un conjunto $A \subset V$ se llama convexo si para todo par de vectores $a_1, a_2 \in A$ y todo par de escalares $\lambda_1, \lambda_2 \geq 0$ tales que $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$, el vector $\lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2$ también pertenece al conjunto A. *(Maximenko, 2022)*

Asumiendo que V es un espacio vectorial real.

2.2.2.3. Proposición. La intersección de conjuntos convexos es convexa. Sea $\{A_i\}_{i \in J}$ una familia de subconjuntos convexos de V, entonces la intersección $\bigcap_{i \in J} A_i$ también es convexa. *(Maximenko, 2022)*

2.2.2.4. Proposición. *(Maximenko, 2022)* Un conjunto convexo contiene todas las combinaciones convexas de sus elementos. Sea $A \subset V$ un conjunto convexo, sean $v_1, \cdots, v_m \in A$ y sean $\alpha_1, \cdots, \alpha_m \geq 0$ tales que $\sum_{k=1}^{m} \alpha_k = 1$. Entonces

$$\sum_{k=1}^{m} \alpha_k v_k \in A$$

2.2.2.5. Proposición. *(Maximenko, 2022)* Sea X un subconjunto convexo no vacío de $\mathbb{R}$. Se denota por a y b ($a, b \in \overline{\mathbb{R}}$) al ínfimo y supremo del conjunto X, respectivamente $a \coloneqq inf(X)$ y $b \coloneqq sup(X)$. Entonces $\langle a, b\rangle \subset X$.

2.2.2.6. Proposición (los subconjuntos convexos del eje real son intervalos). *(Maximenko, 2022)* Todo subconjunto convexo de $\mathbb{R}$ es un intervalo, esto es, tiene una de las siguientes formas:

$$\mathbb{R},\ \langle -\infty, b\rangle,\ \langle -\infty, b],\ \langle a, +\infty\rangle,\ [a, +\infty\rangle,\ \langle a, b\rangle,\ \langle a, b],\ [a, b\rangle$$

2.2.3. Método Simplex

Desarrollado y propuesto por George Bernard Dantzig en 1947, en conjunto con la teoría y metodología para la formulación del modelo de programación lineal, toma el nombre de “Simplex” de la denominación que se le da a un poliedro convexo n-dimensional, formado de infinitos subconjuntos convexos. (Moncayo-Martínez & Muñoz, 2018)

Haeussler et al. (2017) resumen el Método Simplex en un conjunto de pasos estructurados pragmáticamente para generar una mejor compresión del procedimiento y su aplicación. A fin de lograr este objetivo, ejemplifican el método planteando en primer lugar un problema general de maximización con tres variables de decisión ($n = 3$) y cuatro restricciones ($m = 4$): (Haeussler et al., 2017)

Maximizar $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3$

Sujeto a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 \leq b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 \leq b_2$$
$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 \leq b_3$$
$$a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 \leq b_4$$

Donde $x_1, x_2, x_3, b_1, b_2, b_3, b_4 \geq 0$.

Los pasos a seguir:

2.2.3.1. ***Paso 1.*** Configurar el tablero Simplex inicial:

Cuadro 2
Tablero Simplex inicial

B	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	s_4	Z	R
s_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	1	0	0	0	0	b_1
s_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	0	1	0	0	0	b_2
s_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	0	0	1	0	0	b_3
s_4	a_{41}	a_{42}	a_{43}	0	0	0	1	0	b_4
Z	$-c_1$	$-c_2$	$-c_3$	0	0	0	0	1	0

Indicadores

Fuente: (Haeussler et al., 2017).

Se tienen cuatro variables de holgura, s_1, s_2, s_3, s_4 para formular el problema de programación lineal en su forma estándar, dado que existen cuatro restricciones en el planteamiento inicial.

2.2.3.2. Paso 2. En el caso de que todos los indicadores en el último renglón sean no negativos, Z tendría un valor máximo con el arreglo de variables básicas y el valor mostrado para Z. Como se muestra en el tablero Simplex inicial, la solución de arranque es $x_1 = 0,\ x_2 = 0,\ x_3 = 0$ y $Z = 0$. Si hubiere indicadores con signo negativo, será necesario ubicar la columna en la que aparece el indicador con el menor valor, a la cual se denominará *columna pivote*, decidiendo en forma arbitraria en caso de empate.

2.2.3.3. Paso 3. Dividir cada valor positivo por encima del renglón objetivo en la columna de la variable entrante entre el valor correspondiente de la columna con los coeficientes R.

2.2.3.4. Paso 4. Marcar el valor de la columna pivote que corresponda con el menor de los cocientes calculados en el paso 3. A este valor se le denomina el *pivote*, el respectivo renglón donde se encuentra este valor es el *renglón pivote*. Aquella variable encontrada en el renglón pivote será la variable de salida.

2.2.3.5. Paso 5. Operar por medio de las operaciones elementales entre renglones para obtener un nuevo tablero en el que se tenga un 1 en el lugar que ocupaba el pivote y 0 en los demás valores de la misma columna.

2.2.3.6. Paso 6. Reemplazar la variable saliente con la variable entrante en la columna de variables básicas B.

2.2.3.7. Paso 7. Repetir el procedimiento desde el paso 2 hasta conseguir un tablero en el que todos los indicadores sean no negativos, esto indicará que la solución obtenida es óptima. El valor óptimo para Z es aquel situado en la intersección del último renglón con la última columna. Las variables básicas son las que se encuentran en la columna B y sus respectivos valores son los que se encuentran en sus renglones correspondientes en la columna R, se asume que los valores de todas las demás variables (no básicas) son cero. *(Haeussler et al., 2017)*

Es necesario estar en capacidad de comprender e interpretar los valores en un tablero Simplex. Por ejemplo, suponiendo que se obtiene una tabla cuyo último renglón se distribuye según se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3
Tablero Simplex ejemplo

B	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	s_4	Z	R
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Z	a	b	c	d	e	f	g	1	h

Fuente: (Haeussler et al., 2017).

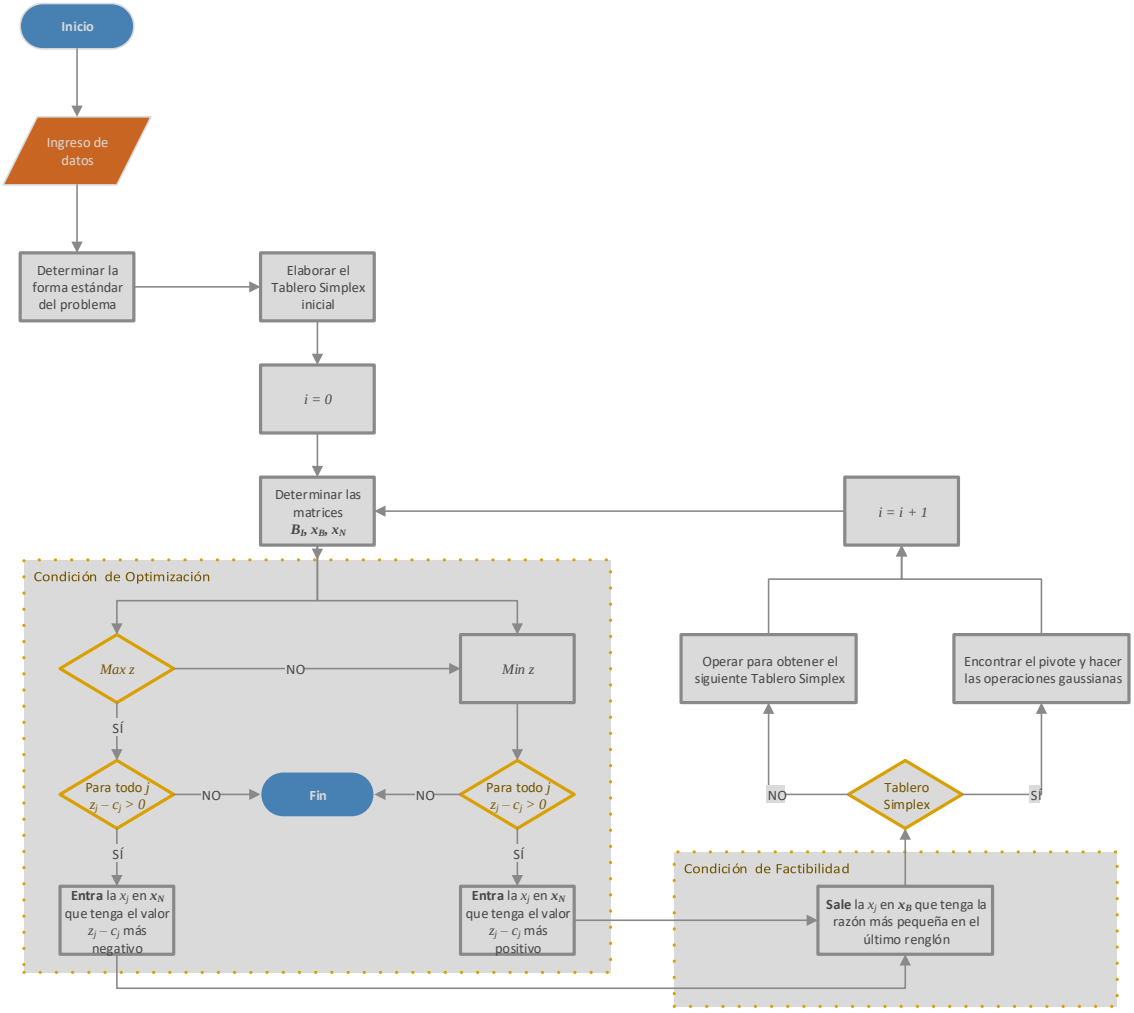
Es posible interpretar el valor c, por poner un ejemplo, en el sentido de que si la variable x_3 es no básica y fuere a convertirse en básica, entonces, por cada unidad que se incremente en x_3: (Haeussler et al., 2017)

- Si $c < 0$, Z se incrementará en $|c|$ unidades,
- Si $c > 0$, Z disminuirá $|c|$ unidades,
- Si $c = 0$, Z se mantendrá inalterable.

2.2.3.8. Algoritmo de implementación del Método Simplex. Moncayo-Martínez y Muñoz (2018) propusieron un algoritmo para la implementación del Método Simplex en lenguajes tan sencillos como Visual Basic for Applications, que trabaja con n paquete masivamente utilizado como Microsoft Excel, el cual es resumido en el flujograma mostrado la figura 1.

Figura 1

Algoritmo Simplex para implementación computacional



Fuente: (Moncayo-Martínez & Muñoz, 2018).

2.2.4. Modelos probabilísticos de planeación de la producción

Prawda, J. (1984) define la planeación de la producción como aquella que consiste básicamente en anticiparse al futuro con el objeto de canalizar con eficiencia y efectividad los objetivos y metas preestablecidos en el horizonte de planificación, constituido por N periodos finitos de tiempo, siendo el objetivo de la misma el uso óptimo de los recursos disponibles (humanos, materiales y financieros con la finalidad de:

a) Satisfacer demandas esperadas (contraídas y/o inciertas)
b) Evitar la producción excesiva o insuficiente
c) Aprovechar oportunidades que se pudiesen presentar en el mercado

En la elaboración de la planeación de la producción suelen intervenir los siguientes recursos o insumos:

- Inventario existente
- Fuerza de trabajo
- Materia prima
- Demanda
- Capacidad de producción
- Recursos financieros
- Políticas de costos y precios
- Políticas administrativas

El éxito o fracaso de un plan de producción se refleja en:

- Las cantidades producidas
- Los periodos de producción y entrega
- El nivel de empleo de los recursos humanos, tiempos extras, holguras o tiempos de ocio, despidos, etc.

- Uso de recursos materiales y financieros
- Utilidades, etc.

Las decisiones a implementar en los procesos de producción afectan a los inventarios, entre otros. Se puede decidir por tener grandes inventarios en periodos de demanda reducida, con la esperanza de utilizarlos en periodos de gran demanda, o también se puede mantener inventarios que correspondan a la demanda actual, sin necesidad de exponerse al riesgo.

Lo que se espera de las políticas de planeación de la producción es balancear los costos de grandes inventarios con los costos de no poder satisfacer un pedido en el tiempo previsto. (Prawda, 1984)

2.2.5. Modelo estocástico de Mezcla de Productos

Se definen las siguientes variables y parámetros:

- x_i = Cantidad de producto i $(i = 1,2,\cdots,n)$, producido en un periodo de tiempo.
- b_k = Cantidad del recurso k $(k = 1,2,\cdots,m)$ disponible en el periodo de producción.
- a_{ik} = Número de unidades del recurso k requeridas para producir una unidad del producto i.
- μ_i = Cantidad máxima de venta del producto i en el periodo de producción.
- r_i = Precio de venta de una unidad de producto i.
- c_i = Costo de producción de una unidad de producto i.
- l_i = Cantidad mínima requerida del producto i en el periodo de producción.

El objetivo es maximizar el beneficio total Z obtenido por la venta de los productos. (Prawda, 1984)

Con esto, el problema de programación lineal asociado a la planeación de la producción con mezcla de productos es la siguiente:

$$Maximizar\ Z = \sum_{i=1}^{n} (r_i - c_i)x_i$$

Sujeto a:

$$(1)\ \sum_{i}^{n} a_{ik}x_i \leq b_k \qquad k = 1,2,\cdots,m$$

$$(2)\quad x_i \leq \mu_i \qquad i = 1,2,\cdots,n$$

$$(3)\quad x_i \geq l_i \qquad i = 1,2,\cdots,n$$

$$x_i \geq 0 \qquad i = 1,2,\cdots,n$$

El modelo así formulado, es un modelo determinístico que puede ser resuelto por el Método Simplex. Asumiendo ahora que se utilizará una aproximación alternativa para la cantidad de producto i $(i = 1,2,\cdots,n)$, expresada en la siguiente restricción:

$$P(D_i \leq x_i) = \alpha_i \quad (4)$$

Donde:

- D_i = Demanda del producto i $(i = 1,2,\cdots,n)$, con función de densidad de probabilidad $f_i(D_i)$.
- x_i = Cantidad del producto i que se planea producir.
- α_i = Probabilidad de que la cantidad de producto i (x_i) exceda a la demanda (D_i) $\forall i = 1,2,\cdots,n$.

La ecuación (4) puede ser representada por la siguiente ecuación:

$$\int_{-\infty}^{x_i} f_i(D_i)dD_i = F_i(x_i) = \alpha_i \quad (5)$$

Si la demanda pronosticada para cada producto i es μ_i y los errores de pronóstico están distribuidos normalmente alrededor de cero con una varianza σ_i^2 $(i = 1,2,\cdots,n)$, entonces:

$$f_i(D_i) = N(D_i, \mu_i, \sigma_i^2)$$

Denotando la función de distribución acumulativa con $\Phi(z)$, la restricción (2) se convierte en:

$$\phi\left(\frac{x_i - \mu_i}{\sigma_i}\right) \leq \alpha_i \quad (6)$$

Sea ahora z_α el valor de la variable estocástica con distribución de probabilidad normal estándar, tal que $\Phi(z_\alpha) = \alpha$, entonces la ecuación (6) se transforma en:

$$\frac{x_i - \mu_i}{\sigma_i} \leq z_{\alpha_i}$$

Lo que resulta en: $x_i \leq \mu_i + z_{\alpha_i}\sigma_i, \qquad \forall i = 1,2,\cdots,n \quad (7)$

La restricción (7) es lineal, por lo que el problema de programación estocástica se convierte en un problema de programación lineal, dado que la ecuación (7) es de la forma de la ecuación (2), por lo tanto, la solución del modelo estocástico alternativo puede resolverse por medio del Método Simplex.

2.2.6. Pruebas de normalidad y comparación de medias

El objetivo de la prueba de normalidad es verificar si una muestra aleatoria procede de una población con distribución de probabilidad normal, asimismo, la prueba de comparación de medias tiene por finalidad establecer si dos medias tomadas de muestras independientes normalmente distribuidas poseen una diferencia significativa. A continuación, se describirán las pruebas más usadas para estos fines.

2.2.6.1. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk. Es más adecuada cuando se dispone de pocas observaciones en la muestra analizada. Requiere del cálculo de la media $\overline{x}$ y varianza S^2 muestral, luego se ordena la muestra de menor a mayor. El procedimiento para la prueba de hipótesis es el siguiente: *(Mitacc, 1999)*

HIPÓTESIS:

H_0 : La muestra procede de una población con distribución normal.

H_1 : La muestra no procede de una población con distribución normal.

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha \ \ (0 < \alpha < 1)$

ESTADÍGRAFO DE CONTRASTE:

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} a_i x_{(i)}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}$$

Donde:

- $x_{(i)}$ es el número que ocupa la i-ésima posición en la muestra ordenada.
- $\overline{x}$ es la media muestral.
- $S^2 = \sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2$, que es el denominador del cálculo del estadígrafo W.
- Los valores de a_i se obtienen de la siguiente ecuación:

$$(a_1, \cdots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{(m^T V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}}$$

- Donde, a su vez:

$$m = (m_1, \cdots, m_n)^T$$

  - $m_1, \cdots, m_n$ son los valores medios de la muestra ordenada, en la que cada categoría se trata como una variable aleatoria independiente y en conjunto están idénticamente distribuidas, muestreadas de distribuciones normales.

  - V es la matriz de covarianzas de la muestra ordenada.

REGIÓN CRÍTICA: La región crítica y la de aceptación de una prueba de tamaño α son:

$$C = \{W/W < \alpha\}$$

$$A = \{W/W \geq \alpha\}$$

Donde W puede asumir un valor entre 0 y 1. (Mitacc, 1999)

2.2.6.2. Prueba t de Student para muestras independientes. Esta prueba determina la igualdad o diferencia entre las medias de dos muestras aleatorias diferentes. El procedimiento es el siguiente: *(Mitacc, 1999)*

HIPÓTESIS:

H_0 : Las medias de las poblaciones cuyas muestras aleatorias X_1 y X_2 son analizadas, son iguales.

$$\mu_1 = \mu_2$$

H_1 : Las medias de las poblaciones cuyas muestras aleatorias X_1 y X_2 son analizadas, son diferentes.

$$\mu_1 \neq \mu_2$$

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha \ \ (0 < \alpha < 1)$

ESTADÍGRAFO DE CONTRASTE:

$$t_C = \frac{\overline{x}_1 - \overline{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Donde n_1 y n_2 son los tamaños de las muestras aleatorias X_1 y X_2, para este cálculo, se debe cumplir que $n_1 = n_2 = n$.

REGIÓN CRÍTICA: Para una prueba de tamaño α la región crítica y de aceptación viene dada por:

$$C = \{t_C / t_C < t_{\alpha/2}(n-1)\}$$

$$A = \{t_C / t_C \geq t_{\alpha/2}(n-1)\}$$

Donde $t_{\alpha/2}(n-1)$ es el valor de la abscisa de la distribución t de Student con $n-1$ grados de libertad y un determinado nivel de riesgo α.

2.2.7. Softwares para la resolución de problemas de optimización

Existen varios softwares en el mercado actual que posibilitan el abordaje de problemas de programación lineal y no lineal muy complejos. Entre ellos, los que son de mayor interés para el desarrollo de la presente investigación corresponden a aquellos que pueden ejecutarse en el sistema operativo Windows 10 Pro, puesto que es el más comercial y común en este momento.

Revisando la literatura disponible, entre los foros más especializados en Investigación de Operaciones se encuentra información muy diversa. Para efectos de estudio, la presente investigación versará sobre los cinco softwares para Windows más potentes del mercado, recomendados por *The Institute for Operations Research and the Management Sciences (Informs)* y el portal *Windows Report*.

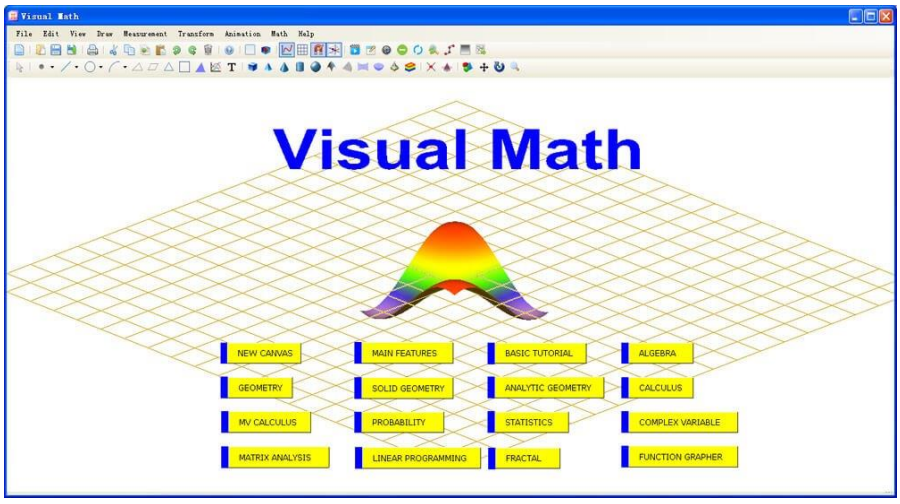
Es un hecho que los profesionales en Investigación Operativa necesitan del mejor software disponible para la plataforma de Windows, que ayuden a resolver problemas de optimización. Entendiendo así que de estos, los problemas de programación lineal y sus variantes (entera, dinámica, dual, etc.) agrupan la mayoría de las aplicaciones en las que se requiere la solución a problemas de optimización; además, la resolución de problemas de programación lineal, en general, demanda tiempo y esfuerzo, esta es probablemente la razón por la que a los desarrolladores les ha tomado una eternidad crear softwares de programación lineal. Pero las

cosas parecen haber cambiado finalmente gracias a la continua aparición de softwares de programación lineal súper poderosos, los que son capaces de maximizar o minimizar restricciones lineales, sean igualdades o desigualdades, para obtener soluciones óptimas corriendo bases de modelado robustas. (Dinita, 2021)

Los softwares para la resolución de problemas de programación lineal incorporan marcos de trabajo dependientes de algoritmos convencionales de programación lineal tales como el Método Simplex y otras arquitecturas de soporte. Estos, más algunas variaciones de otros métodos matemáticos son combinados para resolver problemas de optimización en forma rápida y eficiente. Algunos adoptan el enfoque del Solver de Microsoft Excel mientras otros utilizan tácticas de modelaje para abordar y desentrañar problemas complejos de programación lineal. (Dinita, 2021)

2.2.7.1. Visual Math.

Figura 2
Interfaz de bienvenida de Visual Math



Fuente: (GraphNow Software, 2022).

Es una aplicación reconocida por ser utilizada entre las más grandes compañías e industrias en el mundo, el motor de Visual

Math transforma los datos en decisiones inteligentes en un tiempo casi imperceptible.

Se les permite primero a los usuarios elaborar sus problemas de negocios más difíciles como modelos matemáticos, luego, el software filtra automáticamente la mejor solución de entre miles de millones e incluso a veces billones de soluciones sugeridas. Esta herramienta revolucionaria trae también lo esencial para efectuar un análisis de sensibilidad minucioso mientras se desarrolla la solución. La librería pesada de Visual Math se respalda en una colección de interfaces intuitivas, permitiendo que usuarios principiantes puedan modelar y correr sus programas en tiempo récord luego de instalar el software. (Dinita, 2021)

2.2.7.2. Gurobi Optimizer.

Figura 3
Página de bienvenida de Gurobi Optimization



Fuente: (Gurobi Optimization, 2022).

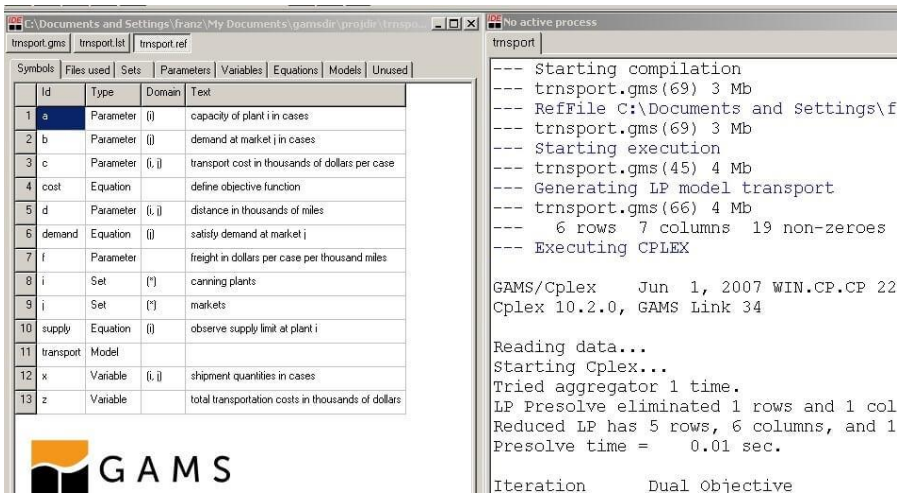
Gurobi Optimizer es, en pocas palabras, uno de los softwares de optimización de problemas de programación lineal más versátiles del mercado. Parte de la razón de ello, es que el código está construido para que los usuarios puedan fundamentalmente correr diferentes conjuntos de códigos en

paralelo mientras se lleva a cabo la búsqueda de soluciones. (Dinita, 2021)

Además, sus rutinas de corte plano para para la programación entera y mixta (MIP, por sus siglas en inglés o PEM en español) eclipsan a las de los productos de la competencia y conllevan a alcanzar la naturaleza discreta clave de varias decisiones. Asimismo, los desarrolladores han ido más allá de lo común y han incluido clases magistrales exclusivas en Gurobi para utilizar atajos, de manera que aportan un complemento único para simplificar el proceso de modelado; adicionalmente, las elegantes heurísticas en PEM que posee este programa producen soluciones de mejor calidad incluso con problemas en los que intervienen decenas de variables de decisión. (Dinita, 2021)

2.2.7.3. GAMS (General Algebraic Modeling System).

Figura 4
Interfaz de programación y resultado de GAMS



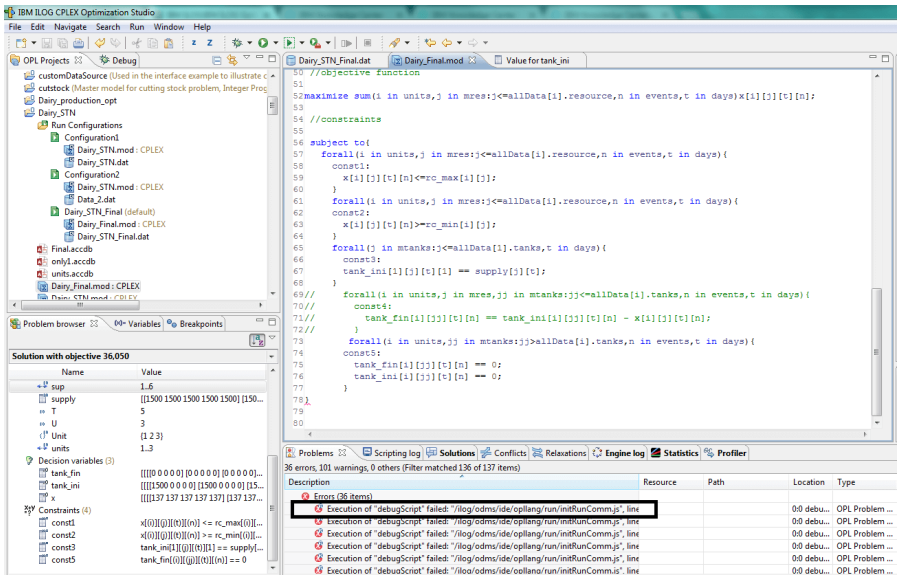
Fuente: (GAMS Development Corp., 2022).

GAMS es un software de modelado de programación lineal de alto nivel para la optimización matemática y está diseñado para abordar problemas de maximización o minimización de una

manera muy rápida. Por medio de su plataforma interactiva, GAMS permite a los usuarios formular modelos matemáticos fácilmente, de una forma similar a sus descripciones matemáticas. La estructura adaptativa del programa y sus características intuitivamente comprensibles hacen que el ingreso de información y la subsecuente formulación del problema sucedan en un tiempo casi imperceptible; así, los usuarios pueden concentrarse en el modelado, que de por sí es casi automático, ya que GAMS va directo al grano solicitando las especificaciones exactas de las entidades y sus relaciones existentes. Como resultado, los usuarios pueden realizar varias cosas por sí mismos, convirtiendo a GAMS en el programa favorito de los verdaderos expertos. (Dinita, 2021)

2.2.7.4. CPLEX.

Figura 5
Interfaz clásica de usuario en CPLEX



Fuente: (IBM, 2022).

ILOG IBM CPLEX Linear Programming Studio Optimizer ofrece una de las formas más rápidas (si no la de mayor rapidez) para construir modelos de optimización para los negocios y aporta

modelos para un enorme rango de dolores de cabeza cuando se trata de problemas de planificación y asignación. El software soporta un lenguaje de modelado descriptivo completamente integrado en un entorno de desarrollo, además de incluir herramientas que lo convierten en el programa por excelencia para todo el proceso de la construcción de modelos. En CPLEX, por lo general, los modelos construidos son independientes de los datos aplicados, es decir, los usuarios no necesitan modificar el código del modelo cuando trabajan con distintas instancias del problema, del mismo modo, pueden combinar variables de decisión y varios conjuntos de datos para definir expresiones, funciones objetivo o restricciones avanzadas. (Dinita, 2021)

Otro detalle a tener en cuenta respecto de CPLEX, es que también destaca con su funcionalidad de vanguardia y motor de optimización robusta, lo que trasciende en una poderosa ayuda en el análisis de los resultados obtenidos, sin mencionar que el software puede ser configurado para construir los modelos en distintos lenguajes, a conveniencia del usuario, como C++, Python o Java (IBM, 2022).

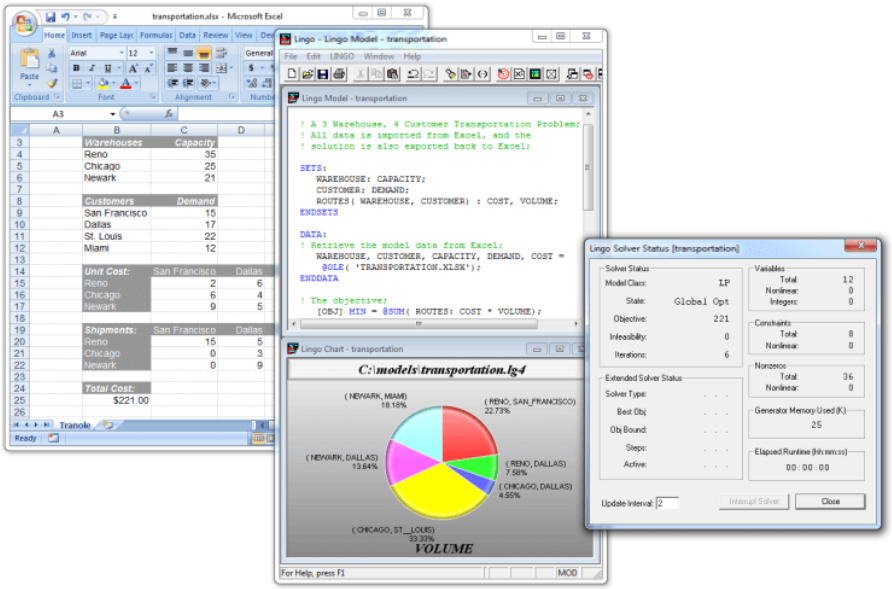
El software es accesible incluso para aquellos con dificultades en el uso de dispositivos utilizados para señalar en pantalla (como un mouse, por ejemplo), gracias a que cuenta con un buen número de atajos de teclado para varios procesos y tareas, considerando las más frecuentes presentadas por la gran cantidad de usuarios con los que cuenta CPLEX tanto en el mundo empresarial, como en el académico. (IBM, 2022)

Es por la versatilidad de este software que se tomó la decisión de utilizarlo en la implementación de la solución en la presente investigación.

2.2.7.5. Lingo.

Figura 6

Interfaz de cofuncionalidad de Lingo con Microsoft Excel



Fuente: (Lindo Systems Inc., 2022).

LINGO es otra herramienta integral diseñada para agilizar la creación y resolución de modelos de optimización. Al igual que CPLEX, LINGO es un paquete completo que incluye un lenguaje sólido para expresar modelos prácticos de optimización, un entorno con todas las funciones para alimentar y editar problemas, además de motores rápidos integrados para la solución de problemas. Las últimas versiones incluyen algunas mejoras destacadas, como motores Simplex mejorados para acelerar la transformación de modelos lineales. Este software también es bastante rápido, incluso cuando es difícil predecir cuál de los motores duales, primarios o de frontera brindaría la solución más rápida. El multinúcleo mejorado también permite a los usuarios asignar un núcleo separado a cada motor de optimización y ejecutarlos simultáneamente. También está el motor de inicio múltiple que permite a los usuarios cotizar distintos valores objetivo para la función objetivo actual. Del mismo modo, cabe destacar las nuevas funciones de gráficos

para una mejor presentación de los resultados, incluidas las barras verticales/horizontales apiladas y los gráficos de Gantt. (Dinita, 2021)

2.3. Bases conceptuales o definición de términos

Panificadora : Establecimiento dedicado a la elaboración de productos de panadería, generalmente una fábrica de pan.

PEM : Programación Entera y Mixta.

PL : Programación Lineal.

Proceso : Conjunto de actividades establecidas en un plan que requiere el concurso de una cierta cantidad de personas y recursos que, coordinadamente, persiguen obtener un objetivo determinado con antelación. *"Se estudia la forma en que el Servicio diseña, gestiona y mejora sus procesos (acciones) para apoyar su política y estrategia y para satisfacer plenamente a sus clientes y otros grupos de interés."* (Servicio de Archivo de la Universidad de Jaén, 2007)

Producción : *"Proceso de transformación (gobernado por los hombres o en cuya realización tienen interés los hombres) en el que ciertas cosas (mercancías o servicios) se integran en un proceso durante el*

cual pierden su identidad y caduca su anterior forma de ser, mientras que otras cosas (también mercancías o bienes) nacen del proceso. Las primeras se llaman factores de producción, las segundas, productos." (Frisch, 1963)

Sistema : Conjunto de partes, componentes o elementos relacionados entre sí, que interactúan con el fin de lograr un objetivo común. Esta relación implica que un cambio en una componente terminará afectando al conjunto de todas ellas. (García, 2021)

Sistema productivo : Conjunto de medios con los que se transforman recursos de entrada con el fin de producir bienes y servicios de utilidad, por lo que constituye un proceso de transformación o conversión. Para esto, los recursos de entrada toman una variedad muy diversa de formas.

"En operaciones de manufactura, las entradas son diversos materiales y materia prima, energía, trabajo, máquinas, instalación y tecnología. En los sistemas enfocados a servicios, las entradas están posiblemente dominadas por el trabajo, pero en función del sistema particular considerado, también pueden ser entradas importantes, máquinas, instalaciones, información y tecnología (como en los sistemas sanitarios, por ejemplo). En los servicios de alimentación, los materiales son una entrada importante. El proceso de conversión implica no sólo la aplicación de la tecnología, sino también la gestión eficaz de todas las variables que puedan controlarse." (Buffa & Dyer, 1983)

Variedad de pan : La variedad o tipo de pan es el conjunto de singularidades en cuanto a insumos, cantidades de los mismos, forma, textura, color y presentación que caracterizan a un producto de panadería elaborado para consumo.

"Cada variedad de pan, en distinta medida, ayuda a equilibrar la alimentación y contribuye a cubrir las necesidades de energía y sustancias esenciales para el buen funcionamiento del cuerpo." (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 2019)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada tecnológica, debido a que sus objetivos están dirigidos a solucionar problemas prácticos, encontrando estrategias basadas en conocimientos para el abordaje de un problema o conjunto de problemas específicos; además, tiene como fin la generación de conocimientos a poner en práctica en el sector productivo para lograr un impacto positivo en el quehacer diario (Colmenares & Piñero, 2008). Este proceso se pone de manifiesto en la formulación del plan de producción de pan en la empresa Industrias Panificadoras “La Montañeza” E.I.R.L.

3.2. Nivel de investigación

La investigación ha sido desarrollada a un nivel longitudinal evolutivo y predictivo, puesto que se analiza probabilísticamente la incidencia de eventos futuros con una determinada característica en función del tiempo, tomando como referencia la experiencia pasada. (Aco, 1980)

3.3. Diseño de investigación

El Doctor Roberto Hernández-Sampieri (2018), en su obra *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, sostiene que los "diseños longitudinales recolectan datos sobre categorías, sucesos, comunidades, contextos, variables o sus relaciones, en dos o más momentos, para evaluar el cambio en éstas" (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). La investigación desarrolla un análisis profundo de los registros históricos de la demanda de distintos tipos de productos de panificación en los últimos diez años, así como la evolución de los costos de los insumos utilizados en tiempos recientes, sin aplicar ningún estímulo sobre la población estudiada. De otro lado, Tam, Vera y Oliveros (2008) consideran que en la investigación no experimental o ex–post–facto existe un conjunto de sujetos de muestra sobre quienes se administra una prueba – *O* – con la finalidad de medir la variable dependiente, pero sin que el investigador manipule o controle algún tratamiento a la variable independiente – (*X*) – (Tam, Vera, & Oliveros, 2008).

Por lo tanto, el diseño de la investigación utilizado en el presente trabajo es No Experimental y longitudinal con panel retrospectivo.

3.4. Enfoque de la investigación

Otero (2018) define al enfoque cuantitativo de la investigación como aquel cuyo proceso de estudio se dedica al cálculo, observación y recopilación de magnitudes numéricas en pos de hallar respuestas a las preguntas de investigación, realizando un extenso uso del análisis estadístico y la docimasia de hipótesis para afirmar o rechazar las suposiciones hechas durante el planteamiento del problema. En síntesis, el enfoque cuantitativo es deductivo e

implica una amplia recolección y análisis de datos (Otero, 2018). Por consiguiente, el enfoque utilizado para la presente investigación es el cuantitativo.

3.5. Población de estudio

Volumen total de la producción en panadería: panes elaborados por Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L. entre enero de 2010 y diciembre de 2021.

3.6. Muestra

La muestra escogida de acuerdo a la investigación está conformada los datos de producción de 13 variedades de pan elaborados por Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L. entre enero de 2010 y diciembre de 2021. Las variedades de pan escogidas se muestran en el Cuadro 2. La muestra en detalle puede ser revisada en el Anexo 1.

Cuadro 4
Conformación de la muestra

Variedad de pan	Tamaño de muestra (número de observaciones)
Bambuco	144
Bizcocho de tamaño chico (Bizcocho chico)	144
Bizcocho de tamaño normal (Bizcocho normal)	144
Camote	144
Caracol	144
Coliza	144
Galleta de agua	144
Hamburguesa	144
Integral	144
Petipán	144
Serrano	144
Tostada	144
Yema	144
Total muestra	**1872**

Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.7. Muestreo

La selección de los componentes de la muestra se hizo directamente de la población, bajo la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia. Se adoptó esta política dado que las variedades de panes muestreadas conforman más del 80% de las ventas de la empresa. De otro lado, estas variedades de panes son, a su vez, de las que la empresa disponía de información suficiente para elaborar y completar una base de datos robusta.

3.8. Técnica e Instrumentos de recolección de datos

Entre las técnicas de recolección de datos se tiene la observación directa de las actividades, la elaboración y estudio de reportes de producción, la investigación de datos históricos y la entrevista a miembros del personal encargado. Con estas herramientas se pudo obtener y completar la información histórica de la producción, consideraciones sobre la demanda y costos de producción, entre otros.

3.9. Procedimientos de recolección de datos

Se desarrolló una investigación documental exhaustiva para recolectar la información en la mayor medida posible, sobre todo con lo que se refiere a los datos históricos. En ocasiones se revisaron partes de producción diaria de final de jornada, de entre cinco y diez años de antigüedad para recuperar datos no almacenados.

Toda la información fue tabulada y organizada en un archivo de Microsoft Excel, que luego se constituyó en la base de datos maestra. A su vez, se recolectó información más reciente de los archivos en Excel que la empresa dispone desde 2018.

Más recientemente, en 2021, se desarrolló una toma de información in situ, verificando que ahora los resultados de producción se registran en el acto.

3.10. Técnica para el procesamiento y análisis de datos

El tipo de análisis utilizado en el presente trabajo tiene un componente cuantitativo por estar trabajando con magnitudes de razón (susceptibles de ser utilizadas en operaciones matemáticas), mismas que están gobernadas por leyes de probabilidad. Asimismo, se considera un análisis cualitativo, reflejado en la discusión a efectuarse previo a las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos.

Los datos fueron obtenidos principalmente de documentos físicos, por lo que se diseñó un registro básico para el manejo de información en Microsoft Excel, el cual permitió la compleción y organización de la base de datos.

El tratamiento estadístico de la información se desarrolló utilizando el paquete IBM SPSS Statistics 25.0.

El modelamiento y resolución del problema de optimización se logró por medio del uso del software IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 22.1.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Presentación y análisis de resultados

4.1.1. Normalidad de la demanda

El primer paso para la construcción del modelo de optimización fue verificar que la demanda está distribuida normalmente por cada variedad de pan en cada mes, por lo tanto, se construyó las siguientes hipótesis:

$H_{0_{D_{ij}}}$: La demanda D_{ij} de variedad de pan i en el mes j está distribuida normalmente.

$H_{1_{D_{ij}}}$: La demanda D_{ij} de variedad de pan i en el mes j no está distribuida normalmente.

Para: $i = 1, \cdots, 13; \quad j = 1, \cdots, 12$

Para verificar o rechazar las hipótesis nulas se administró la prueba de Shapiro-Wilk, dado que al factorizar la base de datos por meses se obtuvo 12 observaciones interanuales por cada variedad de pan (el periodo de observación de la muestra abarca desde enero de 2010 hasta diciembre de 2021), por lo que se requirió contrastar 156 hipótesis de normalidad en

total. Para esto, se utilizó la herramienta IBM SPSS Statistics 25, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 5

Reporte de la prueba de Shapiro-Wilk de normalidad por factores en SPSS

Variable	Variedad de pan	Mes	Estadístico	gl	Sig.	Valor crítico
D_{11}	Bambuco	Enero	0.924	12	0.318	≥ 0.050
D_{12}	Bambuco	Febrero	0.876	12	0.077	≥ 0.050
D_{13}	Bambuco	Marzo	0.871	12	0.066	≥ 0.050
D_{14}	Bambuco	Abril	0.843	12	0.060	≥ 0.050
D_{15}	Bambuco	Mayo	0.857	12	0.055	≥ 0.050
D_{16}	Bambuco	Junio	0.908	12	0.202	≥ 0.050
D_{17}	Bambuco	Julio	0.889	12	0.115	≥ 0.050
D_{18}	Bambuco	Agosto	0.808	12	0.052	≥ 0.050
D_{19}	Bambuco	Setiembre	0.832	12	0.052	≥ 0.050
$D_{1\,10}$	Bambuco	Octubre	0.819	12	0.056	≥ 0.050
$D_{1\,11}$	Bambuco	Noviembre	0.806	12	0.051	≥ 0.050
$D_{1\,12}$	Bambuco	Diciembre	0.948	12	0.614	≥ 0.050
D_{21}	Bizcocho chico	Enero	0.884	12	0.099	≥ 0.050
D_{22}	Bizcocho chico	Febrero	0.888	12	0.110	≥ 0.050
D_{23}	Bizcocho chico	Marzo	0.936	12	0.444	≥ 0.050
D_{24}	Bizcocho chico	Abril	0.844	12	0.061	≥ 0.050
D_{25}	Bizcocho chico	Mayo	0.946	12	0.583	≥ 0.050
D_{26}	Bizcocho chico	Junio	0.914	12	0.237	≥ 0.050
D_{27}	Bizcocho chico	Julio	0.892	12	0.124	≥ 0.050
D_{28}	Bizcocho chico	Agosto	0.887	12	0.108	≥ 0.050
D_{29}	Bizcocho chico	Setiembre	0.871	12	0.067	≥ 0.050
$D_{2\,10}$	Bizcocho chico	Octubre	0.956	12	0.732	≥ 0.050
$D_{2\,11}$	Bizcocho chico	Noviembre	0.823	12	0.057	≥ 0.050
$D_{2\,12}$	Bizcocho chico	Diciembre	0.927	12	0.347	≥ 0.050
D_{31}	Bizcocho normal	Enero	0.941	12	0.513	≥ 0.050
D_{32}	Bizcocho normal	Febrero	0.928	12	0.358	≥ 0.050
D_{33}	Bizcocho normal	Marzo	0.910	12	0.212	≥ 0.050
D_{34}	Bizcocho normal	Abril	0.902	12	0.166	≥ 0.050
D_{35}	Bizcocho normal	Mayo	0.845	12	0.072	≥ 0.050
D_{36}	Bizcocho normal	Junio	0.754	12	0.053	≥ 0.050
D_{37}	Bizcocho normal	Julio	0.760	12	0.053	≥ 0.050
D_{38}	Bizcocho normal	Agosto	0.772	12	0.055	≥ 0.050
D_{39}	Bizcocho normal	Setiembre	0.713	12	0.051	≥ 0.050

Variable	Variedad de pan	Mes	Estadístico	gl	Sig.	Valor crítico
$D_{3\,10}$	Bizcocho normal	Octubre	0.892	12	0.124	≥ 0.050
$D_{3\,11}$	Bizcocho normal	Noviembre	0.751	12	0.053	≥ 0.050
$D_{3\,12}$	Bizcocho normal	Diciembre	0.804	12	0.060	≥ 0.050
D_{41}	Camote	Enero	0.912	12	0.225	≥ 0.050
D_{42}	Camote	Febrero	0.917	12	0.265	≥ 0.050
D_{43}	Camote	Marzo	0.926	12	0.339	≥ 0.050
D_{44}	Camote	Abril	0.903	12	0.173	≥ 0.050
D_{45}	Camote	Mayo	0.914	12	0.240	≥ 0.050
D_{46}	Camote	Junio	0.883	12	0.095	≥ 0.050
D_{47}	Camote	Julio	0.879	12	0.086	≥ 0.050
D_{48}	Camote	Agosto	0.880	12	0.087	≥ 0.050
D_{49}	Camote	Setiembre	0.861	12	0.090	≥ 0.050
$D_{4\,10}$	Camote	Octubre	0.877	12	0.081	≥ 0.050
$D_{4\,11}$	Camote	Noviembre	0.852	12	0.069	≥ 0.050
$D_{4\,12}$	Camote	Diciembre	0.891	12	0.122	≥ 0.050
D_{51}	Caracol	Enero	0.943	12	0.537	≥ 0.050
D_{52}	Caracol	Febrero	0.809	12	0.052	≥ 0.050
D_{53}	Caracol	Marzo	0.857	12	0.095	≥ 0.050
D_{54}	Caracol	Abril	0.930	12	0.381	≥ 0.050
D_{55}	Caracol	Mayo	0.902	12	0.169	≥ 0.050
D_{56}	Caracol	Junio	0.916	12	0.254	≥ 0.050
D_{57}	Caracol	Julio	0.919	12	0.276	≥ 0.050
D_{58}	Caracol	Agosto	0.936	12	0.450	≥ 0.050
D_{59}	Caracol	Setiembre	0.896	12	0.142	≥ 0.050
$D_{5\,10}$	Caracol	Octubre	0.880	12	0.089	≥ 0.050
$D_{5\,11}$	Caracol	Noviembre	0.935	12	0.442	≥ 0.050
$D_{5\,12}$	Caracol	Diciembre	0.844	12	0.071	≥ 0.050
D_{61}	Coliza	Enero	0.938	12	0.469	≥ 0.050
D_{62}	Coliza	Febrero	0.824	12	0.058	≥ 0.050
D_{63}	Coliza	Marzo	0.815	12	0.054	≥ 0.050
D_{64}	Coliza	Abril	0.903	12	0.176	≥ 0.050
D_{65}	Coliza	Mayo	0.863	12	0.053	≥ 0.050
D_{66}	Coliza	Junio	0.799	12	0.059	≥ 0.050
D_{67}	Coliza	Julio	0.771	12	0.054	≥ 0.050
D_{68}	Coliza	Agosto	0.739	12	0.052	≥ 0.050
D_{69}	Coliza	Setiembre	0.770	12	0.054	≥ 0.050
$D_{6\,10}$	Coliza	Octubre	0.832	12	0.072	≥ 0.050
$D_{6\,11}$	Coliza	Noviembre	0.878	12	0.082	≥ 0.050
$D_{6\,12}$	Coliza	Diciembre	0.861	12	0.050	≥ 0.050

Variable	Variedad de pan	Mes	Estadístico	gl	Sig.	Valor crítico
D_{71}	Galleta	Enero	0.895	12	0.137	≥ 0.050
D_{72}	Galleta	Febrero	0.949	12	0.625	≥ 0.050
D_{73}	Galleta	Marzo	0.901	12	0.165	≥ 0.050
D_{74}	Galleta	Abril	0.899	12	0.152	≥ 0.050
D_{75}	Galleta	Mayo	0.813	12	0.063	≥ 0.050
D_{76}	Galleta	Junio	0.805	12	0.051	≥ 0.050
D_{77}	Galleta	Julio	0.793	12	0.058	≥ 0.050
D_{78}	Galleta	Agosto	0.733	12	0.052	≥ 0.050
D_{79}	Galleta	Setiembre	0.761	12	0.053	≥ 0.050
$D_{7\,10}$	Galleta	Octubre	0.771	12	0.055	≥ 0.050
$D_{7\,11}$	Galleta	Noviembre	0.734	12	0.052	≥ 0.050
$D_{7\,12}$	Galleta	Diciembre	0.787	12	0.057	≥ 0.050
D_{81}	Hamburguesa	Enero	0.953	12	0.681	≥ 0.050
D_{82}	Hamburguesa	Febrero	0.925	12	0.333	≥ 0.050
D_{83}	Hamburguesa	Marzo	0.840	12	0.077	≥ 0.050
D_{84}	Hamburguesa	Abril	0.787	12	0.057	≥ 0.050
D_{85}	Hamburguesa	Mayo	0.897	12	0.147	≥ 0.050
D_{86}	Hamburguesa	Junio	0.790	12	0.057	≥ 0.050
D_{87}	Hamburguesa	Julio	0.921	12	0.294	≥ 0.050
D_{88}	Hamburguesa	Agosto	0.951	12	0.657	≥ 0.050
D_{89}	Hamburguesa	Setiembre	0.820	12	0.516	≥ 0.050
$D_{8\,10}$	Hamburguesa	Octubre	0.867	12	0.061	≥ 0.050
$D_{8\,11}$	Hamburguesa	Noviembre	0.850	12	0.136	≥ 0.050
$D_{8\,12}$	Hamburguesa	Diciembre	0.822	12	0.057	≥ 0.050
D_{91}	Integral	Enero	0.847	12	0.134	≥ 0.050
D_{92}	Integral	Febrero	0.861	12	0.050	≥ 0.050
D_{93}	Integral	Marzo	0.876	12	0.077	≥ 0.050
D_{94}	Integral	Abril	0.848	12	0.054	≥ 0.050
D_{95}	Integral	Mayo	0.852	12	0.138	≥ 0.050
D_{96}	Integral	Junio	0.907	12	0.198	≥ 0.050
D_{97}	Integral	Julio	0.872	12	0.069	≥ 0.050
D_{98}	Integral	Agosto	0.881	12	0.090	≥ 0.050
D_{99}	Integral	Setiembre	0.869	12	0.063	≥ 0.050
$D_{9\,10}$	Integral	Octubre	0.891	12	0.121	≥ 0.050
$D_{9\,11}$	Integral	Noviembre	0.913	12	0.233	≥ 0.050
$D_{9\,12}$	Integral	Diciembre	0.907	12	0.198	≥ 0.050
$D_{10\,1}$	Petipán	Enero	0.796	12	0.058	≥ 0.050
$D_{10\,2}$	Petipán	Febrero	0.773	12	0.055	≥ 0.050
$D_{10\,3}$	Petipán	Marzo	0.759	12	0.053	≥ 0.050

Variable	Variedad de pan	Mes	Estadístico	gl	Sig.	Valor crítico
$D_{10\,4}$	Petipán	Abril	0.739	12	0.052	≥ 0.050
$D_{10\,5}$	Petipán	Mayo	0.890	12	0.118	≥ 0.050
$D_{10\,6}$	Petipán	Junio	0.842	12	0.129	≥ 0.050
$D_{10\,7}$	Petipán	Julio	0.935	12	0.431	≥ 0.050
$D_{10\,8}$	Petipán	Agosto	0.806	12	0.111	≥ 0.050
$D_{10\,9}$	Petipán	Setiembre	0.934	12	0.419	≥ 0.050
$D_{10\,10}$	Petipán	Octubre	0.858	12	0.147	≥ 0.050
$D_{10\,11}$	Petipán	Noviembre	0.922	12	0.306	≥ 0.050
$D_{10\,12}$	Petipán	Diciembre	0.860	12	0.149	≥ 0.050
$D_{11\,1}$	Serrano	Enero	0.851	12	0.138	≥ 0.050
$D_{11\,2}$	Serrano	Febrero	0.906	12	0.190	≥ 0.050
$D_{11\,3}$	Serrano	Marzo	0.927	12	0.349	≥ 0.050
$D_{11\,4}$	Serrano	Abril	0.905	12	0.185	≥ 0.050
$D_{11\,5}$	Serrano	Mayo	0.790	12	0.057	≥ 0.050
$D_{11\,6}$	Serrano	Junio	0.806	12	0.111	≥ 0.050
$D_{11\,7}$	Serrano	Julio	0.920	12	0.288	≥ 0.050
$D_{11\,8}$	Serrano	Agosto	0.933	12	0.415	≥ 0.050
$D_{11\,9}$	Serrano	Setiembre	0.931	12	0.389	≥ 0.050
$D_{11\,10}$	Serrano	Octubre	0.845	12	0.051	≥ 0.050
$D_{11\,11}$	Serrano	Noviembre	0.847	12	0.053	≥ 0.050
$D_{11\,12}$	Serrano	Diciembre	0.882	12	0.092	≥ 0.050
$D_{12\,1}$	Tostada	Enero	0.817	12	0.115	≥ 0.050
$D_{12\,2}$	Tostada	Febrero	0.921	12	0.291	≥ 0.050
$D_{12\,3}$	Tostada	Marzo	0.906	12	0.192	≥ 0.050
$D_{12\,4}$	Tostada	Abril	0.929	12	0.369	≥ 0.050
$D_{12\,5}$	Tostada	Mayo	0.832	12	0.052	≥ 0.050
$D_{12\,6}$	Tostada	Junio	0.791	12	0.057	≥ 0.050
$D_{12\,7}$	Tostada	Julio	0.774	12	0.055	≥ 0.050
$D_{12\,8}$	Tostada	Agosto	0.807	12	0.111	≥ 0.050
$D_{12\,9}$	Tostada	Setiembre	0.808	12	0.112	≥ 0.050
$D_{12\,10}$	Tostada	Octubre	0.789	12	0.057	≥ 0.050
$D_{12\,11}$	Tostada	Noviembre	0.726	12	0.052	≥ 0.050
$D_{12\,12}$	Tostada	Diciembre	0.775	12	0.055	≥ 0.050
$D_{13\,1}$	Yema	Enero	0.826	12	0.119	≥ 0.050
$D_{13\,2}$	Yema	Febrero	0.934	12	0.429	≥ 0.050
$D_{13\,3}$	Yema	Marzo	0.934	12	0.428	≥ 0.050
$D_{13\,4}$	Yema	Abril	0.810	12	0.052	≥ 0.050
$D_{13\,5}$	Yema	Mayo	0.895	12	0.136	≥ 0.050
$D_{13\,6}$	Yema	Junio	0.918	12	0.271	≥ 0.050

Variable	Variedad de pan	Mes	Estadístico	gl	Sig.	Valor crítico
$D_{13\,7}$	Yema	Julio	0.886	12	0.106	≥ 0.050
$D_{13\,8}$	Yema	Agosto	0.802	12	0.060	≥ 0.050
$D_{13\,9}$	Yema	Setiembre	0.890	12	0.119	≥ 0.050
$D_{13\,10}$	Yema	Octubre	0.903	12	0.176	≥ 0.050
$D_{13\,11}$	Yema	Noviembre	0.883	12	0.096	≥ 0.050
$D_{13\,12}$	Yema	Diciembre	0.903	12	0.175	≥ 0.050

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Como se puede observar para todas las variables, el estadígrafo de contraste (Sig.) es mayor o igual que el valor crítico ($\alpha = 0.05$), es decir:

$$W_{ij} \geq \alpha = 0.05 \quad \forall i = 1, \cdots, 13 \quad \forall j = 1, \cdots, 12$$

En consecuencia, si para cada D_{ij} no se rechaza la hipótesis nula $H_{0_{D_{ij}}}$, por lo que se concluye que existe evidencia suficiente para asegurar que la demanda de pan de la variedad i en el mes j está distribuida normalmente ($i \in \{1, \cdots, 13\}, j \in \{1, \cdots, 12\}$). Los histogramas y gráficos Q-Q que evidencian a cada una de las pruebas de normalidad efectuadas pueden revisarse en el Anexo 2.

4.1.2. Estadísticos descriptivos de la demanda

Son aquellos que nos servirán para poder construir el modelo inicial de programación lineal. Utilizando también la herramienta IBM SPSS Statistics 25 se obtuvo los estadígrafos mostrados en el Cuadro 6, subdividiendo la muestra detallada en el Anexo 1 y tomando cada mes como factor, considerando la demanda como variable independiente clasificada por variedad de pan.

Cuadro 6
Estadísticos descriptivos de la demanda

Variable	Variedad de pan	Mes	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
D_{11}	Bambuco	Enero	15,957.33	4,309.41	8,083.00	24,448.00
D_{12}	Bambuco	Febrero	50,748.00	7,295.86	35,475.00	65,225.00
D_{13}	Bambuco	Marzo	11,474.33	1,491.51	8,670.00	14,520.00
D_{14}	Bambuco	Abril	35,038.50	5,061.33	25,587.00	46,740.00
D_{15}	Bambuco	Mayo	12,614.58	1,724.66	8,889.00	16,525.00
D_{16}	Bambuco	Junio	7,213.33	659.19	6,000.00	8,700.00
D_{17}	Bambuco	Julio	7,993.00	747.00	6,640.00	9,600.00
D_{18}	Bambuco	Agosto	98,960.50	6,003.64	89,745.00	109,098.00
D_{19}	Bambuco	Setiembre	25,466.83	4,035.87	19,830.00	36,240.00
$D_{1\,10}$	Bambuco	Octubre	22,322.00	2,120.73	19,700.00	27,550.00
$D_{1\,11}$	Bambuco	Noviembre	2,675.92	693.96	1,675.00	4,575.00
$D_{1\,12}$	Bambuco	Diciembre	2,409.92	270.29	1,949.00	3,000.00
D_{21}	Bizcocho chico	Enero	2,365.08	290.90	1,852.00	3,030.00
D_{22}	Bizcocho chico	Febrero	15,975.33	3,628.50	9,435.00	23,133.00
D_{23}	Bizcocho chico	Marzo	8,343.92	784.51	6,812.00	9,840.00
D_{24}	Bizcocho chico	Abril	1,127.17	168.28	700.00	1,352.00
D_{25}	Bizcocho chico	Mayo	9,756.17	727.06	8,238.00	10,940.00
D_{26}	Bizcocho chico	Junio	7,287.67	1,122.70	5,620.00	10,280.00
D_{27}	Bizcocho chico	Julio	45,151.25	9,229.19	24,975.00	66,700.00
D_{28}	Bizcocho chico	Agosto	32,723.58	3,699.68	24,311.00	40,060.00
D_{29}	Bizcocho chico	Setiembre	19,857.17	1,471.52	16,900.00	22,100.00
$D_{2\,10}$	Bizcocho chico	Octubre	2,660.75	682.84	1,455.00	4,475.00
$D_{2\,11}$	Bizcocho chico	Noviembre	12,833.92	1,865.20	8,446.00	16,550.00
$D_{2\,12}$	Bizcocho chico	Diciembre	96,446.50	7,858.72	85,200.00	108,060.00
D_{31}	Bizcocho normal	Enero	119,063.50	17,931.79	81,774.00	148,800.00
D_{32}	Bizcocho normal	Febrero	3,894.08	836.93	2,392.00	5,550.00
D_{33}	Bizcocho normal	Marzo	7,792.67	942.81	6,660.00	10,240.00
D_{34}	Bizcocho normal	Abril	23,276.25	2,147.60	18,780.00	26,700.00
D_{35}	Bizcocho normal	Mayo	8,471.50	2,260.21	4,372.00	13,016.00
D_{36}	Bizcocho normal	Junio	48,826.42	11,570.11	23,825.00	75,050.00
D_{37}	Bizcocho normal	Julio	15,283.17	3,470.21	8,606.00	22,216.00
D_{38}	Bizcocho normal	Agosto	1,350.67	126.58	1,111.00	1,620.00
D_{39}	Bizcocho normal	Setiembre	3,877.58	1,390.45	1,875.00	7,625.00
$D_{3\,10}$	Bizcocho normal	Octubre	11,162.08	1,575.74	8,100.00	14,950.00
$D_{3\,11}$	Bizcocho normal	Noviembre	10,650.33	1,055.64	7,900.00	11,980.00

Variable	Variedad de pan	Mes	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
$D_{3\,12}$	Bizcocho normal	Diciembre	35,885.67	6,563.29	23,314.00	51,720.00
D_{41}	Camote	Enero	38,519.58	5,228.04	25,408.00	46,020.00
D_{42}	Camote	Febrero	119,056.25	12,752.63	89,119.00	138,810.00
D_{43}	Camote	Marzo	51,960.08	8,708.00	33,250.00	68,625.00
D_{44}	Camote	Abril	21,417.83	2,763.23	16,375.00	27,675.00
D_{45}	Camote	Mayo	9,782.25	1,426.80	7,279.00	13,120.00
D_{46}	Camote	Junio	15,997.67	4,222.36	8,549.00	24,143.00
D_{47}	Camote	Julio	4,181.67	945.24	2,607.00	6,057.00
D_{48}	Camote	Agosto	28,356.25	4,984.23	19,140.00	39,720.00
D_{49}	Camote	Setiembre	11,178.92	1,176.37	8,827.00	13,825.00
$D_{4\,10}$	Camote	Octubre	12,636.33	2,609.84	8,610.00	19,760.00
$D_{4\,11}$	Camote	Noviembre	9,772.58	2,325.74	4,500.00	14,296.00
$D_{4\,12}$	Camote	Diciembre	1,367.00	164.22	1,000.00	1,648.00
D_{51}	Caracol	Enero	1,676.17	245.54	1,357.00	2,340.00
D_{52}	Caracol	Febrero	39,301.67	7,003.47	23,576.00	54,640.00
D_{53}	Caracol	Marzo	15,201.75	3,598.75	9,411.00	22,436.00
D_{54}	Caracol	Abril	2,878.92	1,094.46	1,575.00	5,975.00
D_{55}	Caracol	Mayo	58,223.08	12,672.12	34,525.00	79,525.00
D_{56}	Caracol	Junio	3,781.33	870.42	2,419.00	5,888.00
D_{57}	Caracol	Julio	111,985.83	14,728.30	82,692.00	139,590.00
D_{58}	Caracol	Agosto	24,129.58	2,260.98	20,064.00	29,150.00
D_{59}	Caracol	Setiembre	12,101.00	1,795.79	7,989.00	14,700.00
$D_{5\,10}$	Caracol	Octubre	8,381.00	1,139.34	6,780.00	11,430.00
$D_{5\,11}$	Caracol	Noviembre	9,965.33	1,368.91	6,754.00	12,660.00
$D_{5\,12}$	Caracol	Diciembre	32,116.83	3,323.32	25,860.00	39,120.00
D_{61}	Coliza	Enero	31,499.42	4,063.89	24,870.00	41,970.00
D_{62}	Coliza	Febrero	2,262.50	128.06	2,043.00	2,470.00
D_{63}	Coliza	Marzo	3,292.42	899.08	2,066.00	5,820.00
D_{64}	Coliza	Abril	13,269.67	2,934.15	8,190.00	20,475.00
D_{65}	Coliza	Mayo	14,998.58	3,779.71	8,661.00	21,425.00
D_{66}	Coliza	Junio	114,103.75	15,412.20	87,474.00	149,310.00
D_{67}	Coliza	Julio	39,117.42	6,229.04	24,939.00	50,600.00
D_{68}	Coliza	Agosto	2,538.25	188.85	2,175.00	2,900.00
D_{69}	Coliza	Setiembre	8,932.50	1,506.60	6,810.00	12,960.00
$D_{6\,10}$	Coliza	Octubre	11,640.58	2,554.29	7,145.00	18,400.00
$D_{6\,11}$	Coliza	Noviembre	62,775.42	14,746.11	34,612.00	89,850.00
$D_{6\,12}$	Coliza	Diciembre	22,120.17	2,983.74	18,617.00	30,125.00
D_{71}	Galleta	Enero	27,595.50	6,070.39	19,123.00	43,500.00
D_{72}	Galleta	Febrero	40,228.67	8,177.74	29,460.00	61,920.00

Variable	Variedad de pan	Mes	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
D_{73}	Galleta	Marzo	125,307.75	19,221.97	94,211.00	172,170.00
D_{74}	Galleta	Abril	12,920.33	1,647.92	8,451.00	14,737.00
D_{75}	Galleta	Mayo	3,493.00	999.85	2,163.00	6,312.00
D_{76}	Galleta	Junio	43,750.92	7,244.96	26,860.00	54,747.00
D_{77}	Galleta	Julio	1,962.00	251.41	1,400.00	2,366.00
D_{78}	Galleta	Agosto	13,905.75	2,988.01	8,664.00	20,450.00
D_{79}	Galleta	Setiembre	12,977.25	3,211.30	7,695.00	21,720.00
$D_{7\,10}$	Galleta	Octubre	69,414.08	16,976.26	37,380.00	102,650.00
$D_{7\,11}$	Galleta	Noviembre	15,593.83	4,501.17	7,765.00	23,181.00
$D_{7\,12}$	Galleta	Diciembre	2,853.67	359.23	2,050.00	3,640.00
D_{81}	Hamburguesa	Enero	2,666.83	269.45	2,218.00	3,139.00
D_{82}	Hamburguesa	Febrero	26,859.08	3,997.83	20,652.00	35,525.00
D_{83}	Hamburguesa	Marzo	63,181.25	9,880.24	36,862.00	75,161.00
D_{84}	Hamburguesa	Abril	7,782.67	2,394.31	3,900.00	14,022.00
D_{85}	Hamburguesa	Mayo	165,975.42	29,690.64	117,750.00	237,900.00
D_{86}	Hamburguesa	Junio	3,168.67	762.12	1,515.00	4,828.00
D_{87}	Hamburguesa	Julio	41,973.83	9,110.92	30,120.00	66,994.00
D_{88}	Hamburguesa	Agosto	12,949.83	1,900.06	9,102.00	15,915.00
D_{89}	Hamburguesa	Setiembre	101,525.83	19,917.34	64,204.00	141,839.00
$D_{8\,10}$	Hamburguesa	Octubre	20,547.58	6,489.67	9,300.00	31,824.00
$D_{8\,11}$	Hamburguesa	Noviembre	4,362.83	1,602.61	1,837.00	8,722.00
$D_{8\,12}$	Hamburguesa	Diciembre	14,737.67	3,141.36	9,331.00	22,126.00
D_{91}	Integral	Enero	20,717.08	4,086.30	12,806.00	30,376.00
D_{92}	Integral	Febrero	3,993.42	694.69	3,045.00	5,850.00
D_{93}	Integral	Marzo	4,475.75	946.89	2,080.00	6,270.00
D_{94}	Integral	Abril	16,509.50	4,812.40	10,560.00	30,012.00
D_{95}	Integral	Mayo	64,581.17	10,526.56	37,420.00	79,810.00
D_{96}	Integral	Junio	55,220.00	13,639.15	35,220.00	91,974.00
D_{97}	Integral	Julio	36,850.67	5,784.65	26,825.00	49,088.00
D_{98}	Integral	Agosto	9,497.42	3,450.31	5,389.00	19,250.00
D_{99}	Integral	Setiembre	19,741.83	7,166.34	8,127.00	32,165.00
$D_{9\,10}$	Integral	Octubre	4,178.17	1,849.62	1,378.00	9,319.00
$D_{9\,11}$	Integral	Noviembre	169,253.58	34,573.69	109,050.00	254,177.00
$D_{9\,12}$	Integral	Diciembre	17,325.00	2,348.33	12,491.00	21,775.00
$D_{10\,1}$	Petipán	Enero	16,621.67	2,201.63	12,680.00	22,068.00
$D_{10\,2}$	Petipán	Febrero	21,915.17	4,037.32	13,000.00	30,785.00
$D_{10\,3}$	Petipán	Marzo	60,795.75	11,928.55	44,467.00	93,213.00
$D_{10\,4}$	Petipán	Abril	101,469.83	23,230.41	64,750.00	151,543.00
$D_{10\,5}$	Petipán	Mayo	3,980.00	1,202.54	2,000.00	6,365.00

Variable	Variedad de pan	Mes	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
$D_{10\,6}$	Petipán	Junio	37,313.00	7,003.19	23,850.00	52,447.00
$D_{10\,7}$	Petipán	Julio	3,749.92	383.91	3,086.00	4,600.00
$D_{10\,8}$	Petipán	Agosto	16,233.92	5,902.65	6,540.00	32,065.00
$D_{10\,9}$	Petipán	Setiembre	2,441.25	278.08	2,019.00	3,132.00
$D_{10\,10}$	Petipán	Octubre	139,775.75	13,116.59	115,200.00	163,720.00
$D_{10\,11}$	Petipán	Noviembre	49,333.33	7,968.58	32,640.00	68,403.00
$D_{10\,12}$	Petipán	Diciembre	10,100.08	3,366.67	5,758.00	19,509.00
$D_{11\,1}$	Serrano	Enero	10,327.17	2,632.21	6,090.00	17,519.00
$D_{11\,2}$	Serrano	Febrero	14,429.58	2,107.60	11,220.00	19,817.00
$D_{11\,3}$	Serrano	Marzo	29,858.75	3,396.46	24,950.00	38,458.00
$D_{11\,4}$	Serrano	Abril	20,198.00	7,366.01	6,740.00	32,601.00
$D_{11\,5}$	Serrano	Mayo	51,034.00	12,236.01	32,700.00	83,704.00
$D_{11\,6}$	Serrano	Junio	2,405.25	330.18	1,585.00	2,925.00
$D_{11\,7}$	Serrano	Julio	18,800.33	3,882.94	12,825.00	27,645.00
$D_{11\,8}$	Serrano	Agosto	79,080.25	13,386.67	56,150.00	112,033.00
$D_{11\,9}$	Serrano	Setiembre	115,021.50	11,960.13	102,420.00	145,799.00
$D_{11\,10}$	Serrano	Octubre	41,840.17	6,968.02	32,100.00	60,915.00
$D_{11\,11}$	Serrano	Noviembre	2,873.75	860.07	1,100.00	4,520.00
$D_{11\,12}$	Serrano	Diciembre	13,064.17	2,977.07	7,320.00	20,500.00
$D_{12\,1}$	Tostada	Enero	12,868.17	1,764.54	8,800.00	16,360.00
$D_{12\,2}$	Tostada	Febrero	8,088.50	2,649.78	5,310.00	15,601.00
$D_{12\,3}$	Tostada	Marzo	2,011.92	259.93	1,607.00	2,468.00
$D_{12\,4}$	Tostada	Abril	4,688.92	1,558.95	2,472.00	8,850.00
$D_{12\,5}$	Tostada	Mayo	27,135.17	2,830.17	23,025.00	34,248.00
$D_{12\,6}$	Tostada	Junio	17,114.25	3,471.78	10,125.00	24,619.00
$D_{12\,7}$	Tostada	Julio	13,408.50	1,993.26	8,800.00	17,648.00
$D_{12\,8}$	Tostada	Agosto	25,622.00	10,377.62	8,531.00	43,406.00
$D_{12\,9}$	Tostada	Setiembre	33,983.08	4,729.36	26,010.00	43,397.00
$D_{12\,10}$	Tostada	Octubre	3,493.33	1,210.51	1,420.00	5,863.00
$D_{12\,11}$	Tostada	Noviembre	33,740.92	14,340.85	16,770.00	74,541.00
$D_{12\,12}$	Tostada	Diciembre	75,217.67	13,170.66	46,900.00	99,769.00
$D_{13\,1}$	Yema	Enero	53,855.50	6,659.96	45,390.00	71,078.00
$D_{13\,2}$	Yema	Febrero	9,174.25	1,049.56	7,280.00	11,703.00
$D_{13\,3}$	Yema	Marzo	13,174.42	2,825.02	7,243.00	17,700.00
$D_{13\,4}$	Yema	Abril	95,534.42	10,124.66	73,267.00	114,510.00
$D_{13\,5}$	Yema	Mayo	1,780.75	198.81	1,395.00	2,250.00
$D_{13\,6}$	Yema	Junio	10,375.42	1,592.74	6,295.00	12,573.00
$D_{13\,7}$	Yema	Julio	6,441.00	1,762.44	3,799.00	11,114.00
$D_{13\,8}$	Yema	Agosto	3,845.08	1,016.84	1,740.00	6,331.00

Variable	Variedad de pan	Mes	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
$D_{13\,9}$	Yema	Setiembre	2,612.08	805.90	1,201.00	4,194.00
$D_{13\,10}$	Yema	Octubre	32,078.75	7,496.40	22,526.00	53,105.00
$D_{13\,11}$	Yema	Noviembre	20,657.58	1,656.86	18,242.00	24,399.00
$D_{13\,12}$	Yema	Diciembre	16,261.83	4,517.62	7,457.00	23,863.00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.1.3. Insumos

Encontramos entre los insumos empleados para la elaboración de cada variedad de pan dos combinaciones básicas, denominadas dulce y salada, que varían según el nivel de tres materias primas básicas (principalmente agua, huevo y ajonjolí) consumidas en los procesos de producción de cada pan. Las cantidades de insumo requeridos por unidad de pan para cada variedad se detallan en el cuadro 7 y 8, mientras que las unidades de medida utilizadas para cada insumo se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 7
Insumos requeridos para elaborar cada variedad de pan (por unidad) – Parte 1

Variedad de pan	Insumo				
	Agua	Ajonjolí	Azúcar Rubia Tumán	Harina Especial Nicolini	Harina Extra Nicolini
Bambuco	10	0.300909	2	11	11
Bizcocho chico	9.5	0.35455	2	10	10
Bizcocho normal	10	0.102275	4.75	15	15
Camote	10	0.352275	2.55	10.5	10.5
Caracol	10	0.400909	1.5	10	10
Coliza	10	0.400909	1	10	10
Galleta	8.5	0.400909	1.5	7.5	7.5
Hamburguesa	10	0.400909	2	11	11
Integral	11.5	0.400909	1	10	11
Petipán	7.5	0.15175	1.75	7.5	8
Serrano	10	0.400909	1	10	10
Tostada	10	0	1.5	10	10
Yema	9.5	0.200909	2	10	10

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Cuadro 8

Insumos requeridos para elaborar cada variedad de pan (por unidad) – Parte 2

Variedad de pan	Insumo				
	Huevos	Levadura Instantánea Okedo	Manteca Famosa	Mejorador de Masas Panadis	Sal Marina
Bambuco	0.005114	0.3	2	0.15	0.15
Bizcocho chico	0.005114	0.45	1.8	0.2	0.15
Bizcocho normal	0.04075	0.95	4.75	0.95	0.45
Camote	0.007525	0.3	2.45	0.15	0.25
Caracol	0.005114	0.3	1	0.15	0.25
Coliza	0.005114	0.25	1.5	0.15	0.25
Galleta	0.005114	0.15	1	0.1	0.15
Hamburguesa	0.005114	0.3	2	0.15	0.3
Integral	0.005114	0.3	1.5	0.15	0.3
Petipán	0.005114	0.2	1.5	0.1	0.2
Serrano	0.005114	0.2	1.5	0.15	0.25
Tostada	0	0.3	2	0.15	0.3
Yema	0.005114	0.3	2	0.15	0.3

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Cuadro 9

Unidades de medida utilizadas por cada insumo

Insumo	Unidad de medida
Agua	Mililitros
Ajonjolí	Gramos
Azúcar Rubia Tumán	Gramos
Harina Especial Nicolini	Gramos
Harina Extra Nicolini	Gramos
Huevos	Unidades
Levadura Instantánea Okedo	Gramos
Manteca Famosa	Gramos
Mejorador de Masas Panadis	Gramos
Sal Marina	Gramos

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Del mismo modo, la gerencia de La Montañeza tiene ya un plan de compra de insumos para los siguientes meses, siendo el mostrado en los cuadros 10 y 11.

Cuadro 10

Plan inicial de compra de insumos para el periodo Jul-2022 – Jun-2023 (Parte 1)

Mes – año	Agua	Ajonjolí	Azúcar Rubia Tumán	Harina Especial Nicolini	Harina Extra Nicolini
Jul-22	Irrestricto	124000	579000	3583000	3622000
Ago-22	Irrestricto	112000	591000	3549000	3567000
Set-22	Irrestricto	128000	582000	3811000	3831000
Oct-22	Irrestricto	103000	665000	3383000	3457000
Nov-22	Irrestricto	128000	567000	3948000	4142000
Dic-22	Irrestricto	85000	669000	3564000	3586000
Ene-23	Irrestricto	83000	968000	4060000	4089000
Feb-23	Irrestricto	119000	718000	3560000	3575000
Mar-23	Irrestricto	134000	720000	3643000	3678000
Abr-23	Irrestricto	85000	702000	3445000	3512000
May-23	Irrestricto	156000	716000	4525000	4592000
Jun-23	Irrestricto	112000	663000	3725000	3799000
Total general	Irrestricto	1369000	8140000	44796000	45450000

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Cuadro 11

Plan inicial de compra de insumos para el periodo Jul-2022 – Jun-2023 (Parte 2)

Mes – año	Huevos	Levadura Instantánea Okedo	Manteca Famosa	Mejorador de Masas Panadis	Sal Marina
Jul-22	2260	116000	565000	66000	89000
Ago-22	1770	99000	617000	54000	75000
Set-22	1880	102000	653000	59000	95000
Oct-22	2360	93000	620000	56000	84000
Nov-22	2300	119000	672000	67000	109000
Dic-22	2640	136000	694000	84000	88000
Ene-23	6080	175000	983000	146000	111000
Feb-23	2210	102000	672000	54000	80000
Mar-23	2420	97000	647000	57000	87000
Abr-23	2680	107000	694000	66000	90000
May-23	2400	130000	760000	72000	120000
Jun-23	3570	127000	721000	90000	98000
Total general	32570	1403000	8298000	871000	1126000

Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.1.4. Costos

Los costos de los insumos pueden ser encontrados en el Cuadro 12. Cabe señalar que se han desestimado los costos fijos de producción (electricidad, mantenimiento de equipos, almacenamiento de insumos, mano de obra, limpieza y otros) dado que son costos proyectados y su inclusión no representaría un incremental en la solución objetivo, además de que el plan de producción a obtener está referido exclusivamente a la producción y los insumos que en ella intervienen.

Cuadro 12
Costos de los insumos por unidad de medida

Insumo	Costo por unidad de medida a junio de 2022 (en S/.)	Unidad de medida
Agua[4]	0.000010268	Mililitros
Harina Especial Nicolini	0.002998464	Gramos
Harina Extra Nicolini	0.002933841	Gramos
Manteca Famosa	0.007302293	Gramos
Azúcar Rubia Tumán	0.003231103	Gramos
Mejorador de Masas Panadis	0.007341066	Gramos
Sal Marina	0.001589703	Gramos
Levadura Instantánea Okedo	0.103136805	Gramos
Huevos	0.403887865	Unidades
Ajonjolí	0.005635043	Gramos

Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.1.5. Precios de venta

En el Cuadro 13 se observan los precios de venta de una unidad de cada variedad de pan. La utilidad será calculada en el modelo restando de estos

[4] Según la estructura tarifaria de Sedapal, para la Clase No Residencial – Categoría Industrial, por m^3 de agua consumida se cobra S/. 6.955 por concepto agua potable y S/. 3.313 por concepto de alcantarillado. (Sedapal, 2022)

precios de venta los costos de producción por variedad de pan según los insumos intervinientes en su elaboración.

Cuadro 13
Precios de venta unitario de cada variedad de pan

Variedad de pan	Precio de venta unitario a junio de 2022 (en S/.)
Bambuco	0.450000000
Bizcocho chico	0.466666667
Bizcocho normal	1.130000000
Camote	0.450000000
Caracol	0.440000000
Coliza	0.400000000
Galleta	0.300000000
Hamburguesa	0.500000000
Integral	0.440000000
Petipán	0.320000000
Serrano	0.400000000
Tostada	0.400000000
Yema	0.500000000

Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.1.6. Formulación del modelo estocástico

Aplicando el modelo estocástico de mezcla de productos, con la variación de atribuir una bidimensionalidad a cada estadígrafo, tenemos las siguientes variables y parámetros:

- x_{ij} = Cantidad de pan de la variedad i ($i = 1, 2, \cdots, 13$), producido en el mes j ($j = 1, 2, \cdots, 12$).
- b_{kj} = Cantidad del insumo k ($k = 1, 2 \cdots, 10$; el insumo 1 “agua” es irrestricto, por lo que se asignará una disponibilidad de 10 millones en el modelo) disponible en el mes j ($j = 1, 2, \cdots, 12$).
- a_{ik} = Número de unidades del insumo k requeridas para producir una unidad de la variedad de pan i.

- μ_{ij} = Valor máximo de la venta de pan de la variedad i en el mes j ($j = 1, 2, \cdots, 12$).
- r_i = Precio de venta de una unidad de pan de la variedad i.
- c_k = Costo de una unidad de medida del insumo k utilizado en la producción de pan
- l_{ij} = Cantidad mínima requerida de la variedad de pan i en el mes j.
- σ_{ij} = Desviación estándar de la demanda de la variedad de pan i en el mes j.
- z_α = Abscisa de la distribución normal estandarizada para el nivel de riesgo α.
- α = Nivel de riesgo α que la gerencia de La Montañeza estaría dispuesta a asumir por producir más de lo que se vaya a demandar. Se asumirá $\alpha = 0.05$.

Además:

$$Costo_i = \sum_{k=1}^{10} c_k a_{ik}$$

Donde $Costo_i$ es el costo de producir una unidad de la variedad de pan i.

Con esto, el problema de programación lineal asociado a la planeación de la producción con mezcla de productos es la siguiente:

$$Maximizar\ Z = \sum_{i=1}^{13}\sum_{j=1}^{12}(r_i - Costo_i)x_{ij}$$

Sujeto a:

$$(1)\ \sum_{i=1}^{12} a_{ik}x_{ij} \leq b_{kj} \qquad j = 1, 2, \cdots, 12 \quad k = 1, 2, \cdots, 10$$

$$(2)\quad x_{ij} \leq \mu_{ij} + z_\alpha \sigma_{ij} \qquad i = 1, 2, \cdots, 13 \quad j = 1, 2, \cdots, 12$$

$$(3)\quad x_{ij} \geq l_{ij} \qquad i = 1, 2, \cdots, 13 \quad j = 1, 2, \cdots, 12$$

$$x_{ij} \geq 0 \ \wedge\ x_{ij} \in \mathbb{Z} \qquad i = 1, 2, \cdots, 13 \quad j = 1, 2, \cdots, 12$$

Cabe destacar que el modelo así formulado, plantea las cantidades de restricciones mostradas en el Cuadro 14.

Cuadro 14
Cantidades de restricciones planteadas en el modelo propuesto

Tipo de restricciones	Cantidad de restricciones
Tipo (1)	120
Tipo (2)	156
Tipo (3)	156
Totales	432

Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.1.7. Implementación del modelo estocástico

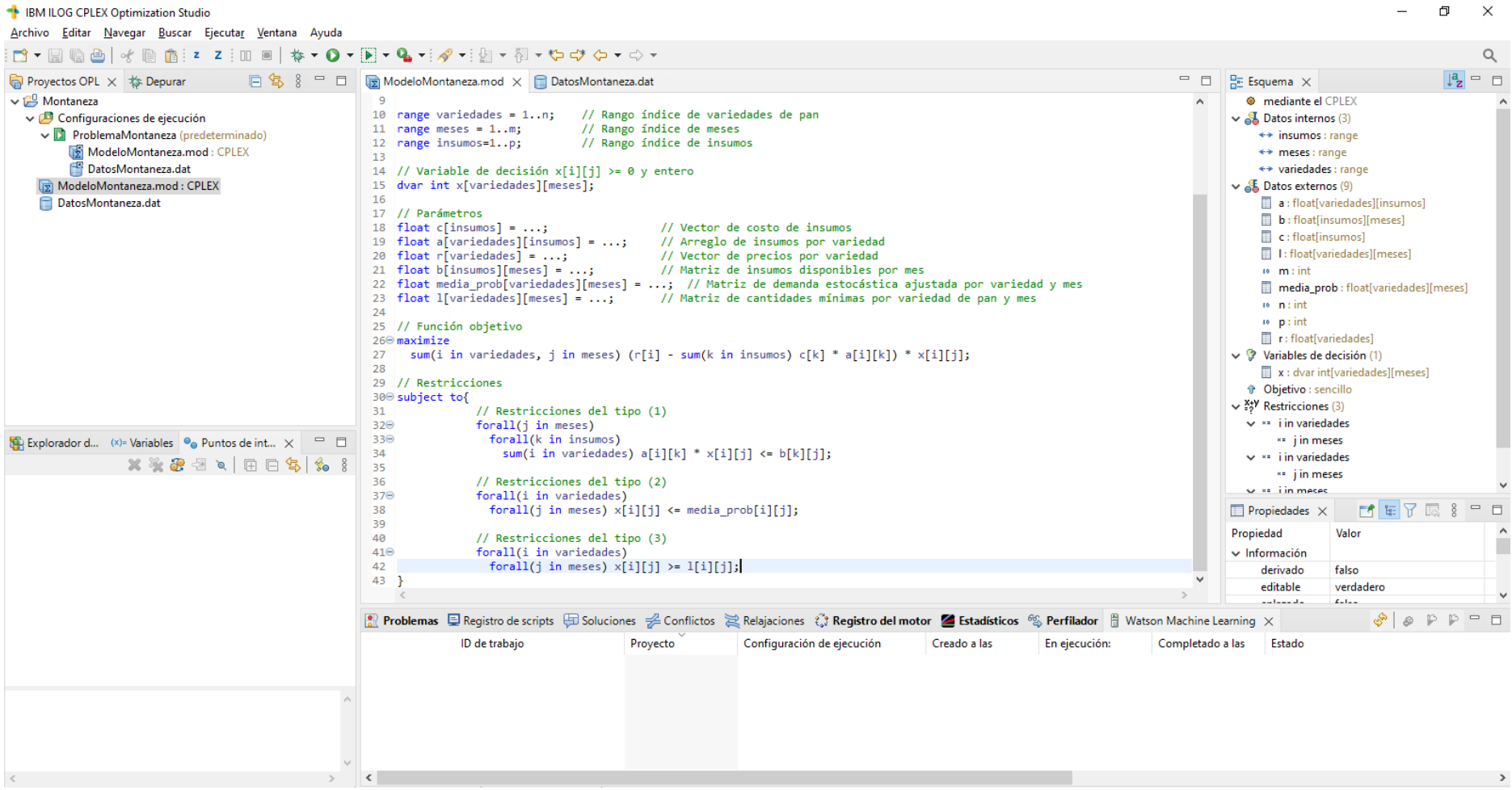
La información procesada fue incluida en la formulación del modelo establecido de mezcla de productos con demanda estocástica. Para la resolución del modelo, se implementó como un programa diseñado para IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 22.1, como se aprecia en la figura 7.

CPLEX requiere de dos fuentes de información para la implementación de un modelo de estas características: un archivo de modelado (Archivo MOD) y un archivo con la estructuración de los datos de estudio (Archivo DAT).

Asimismo, se configuró la interfaz tomando como base el lenguaje de programación C++ para lograr la implementación del modelo en CPLEX, de manera que el compilador interprete la información de manera ágil.

Figura 7

Interfaz de usuario con la implementación del modelo estocástico en IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 22.1



Fuente: Elaboración propia (2022).

El código en CPLEX:

4.1.7.1. Archivo MOD.

```
int n = ...; // Número de variedades de pan
int m = ...; // Número de meses
int p = ...; // Número de insumos

range variedades = 1..n;  // Rango índice de variedades de pan
range meses = 1..m;             // Rango índice de meses
range insumos=1..p;             // Rango índice de insumos

// Variable de decisión x[i][j] >= 0 y entero
dvar int x[variedades][meses];

// Parámetros
float c[insumos] = ...;                          // Vector de costo de
insumos
float a[variedades][insumos] = ...;          // Arreglo de insumos por
variedad
float r[variedades] = ...;                       // Vector de precios por
variedad
float b[insumos][meses] = ...;               // Matriz de insumos disponibles
por mes
float media_prob[variedades][meses] = ...;   // Matriz de demanda estocástica
ajustada por variedad y mes
float l[variedades][meses] = ...;            // Matriz de cantidades mínimas
por variedad de pan y mes

// Función objetivo
maximize
  sum(i in variedades, j in meses) (r[i] - sum(k in insumos) c[k] * a[i][k])
* x[i][j];

// Restricciones
subject to{
                    // Restricciones del tipo (1)
                    forall(j in meses)
                      forall(k in insumos)
                        sum(i in variedades) a[i][k] * x[i][j] <= b[k][j];

                    // Restricciones del tipo (2)
                    forall(i in variedades)
                      forall(j in meses) x[i][j] <= media_prob[i][j];

                    // Restricciones del tipo (3)
                    forall(i in variedades)
                      forall(j in meses) x[i][j] >= l[i][j];
            }
```

4.1.7.2. Archivo DAT.

```
n = 13;
m = 12;
p = 10;

c = [0.000010268   0.002998464  0.002933841  0.007302293  0.003231103
     0.007341066  0.001589703  0.103136805  0.403887865  0.005635043];

a = [[10     0.300909     2     11     11     0.005114     0.3    2      0.15
     0.15]
     [9.5   0.35455      2     10     10     0.005114     0.45   1.8    0.2
     0.15]
     [10    0.102275     4.75  15     15     0.04075      0.95   4.75   0.95
     0.45]
     [10    0.352275     2.55  10.5   10.5   0.007525     0.3    2.45   0.15
     0.25]
     [10    0.400909     1.5   10     10     0.005114     0.3    1      0.15
     0.25]
     [10    0.400909     1     10     10     0.005114     0.25   1.5    0.15
     0.25]
     [8.5   0.400909     1.5   7.5    7.5    0.005114     0.15   1      0.1
     0.15]
     [10    0.400909     2     11     11     0.005114     0.3    2      0.15
     0.3]
     [11.5  0.400909     1     10     11     0.005114     0.3    1.5    0.15
     0.3]
     [7.5   0.15175      1.75  7.5    8      0.005114     0.2    1.5    0.1
     0.2]
     [10    0.400909     1     10     10     0.005114     0.2    1.5    0.15
     0.25]
     [10    0            1.5   10     10     0            0.3    2      0.15
     0.3]
     [9.5   0.200909     2     10     10     0.005114     0.3    2      0.15
     0.3]];

r = [0.450000000   0.466666667  1.130000000 0.450000000 0.440000000
0.400000000 0.300000000 0.500000000 0.440000000 0.320000000 0.400000000
0.400000000 0.500000000];

b = [[10000000     10000000     10000000     10000000     10000000
     10000000     10000000     10000000     10000000     10000000
     10000000     10000000]
     [83000       119000       134000       85000        156000       112000
     124000       112000       128000       103000       128000       85000]
     [968000      718000       720000       702000       716000       663000
     579000       591000       582000       665000       567000
     669000]
     [4060000     3560000      643000       3445000      4525000
     3725000      3583000      3549000      3811000      3383000
     3948000      3564000]
     [4089000     3575000      3678000      3512000      4592000
     3799000      3622000      3567000      3831000      3457000
     4142000      3586000]
     [6080        2210         2420         2680         2400         3570
     2260         1770         1880         2360         2300         2640]
```

```
        [175000      102000       97000        107000       130000       127000
        116000       99000        102000       93000        119000
        136000]
        [983000      672000       647000       694000       760000       721000
        565000       617000       653000       620000       672000
        694000]
        [146000      54000        57000        66000        72000        90000
        66000        54000        59000        56000        67000        84000]
        [111000      80000        87000        90000        120000       98000
        89000        75000        95000        84000        109000
        88000]];

media_prob = [[17360      53224  12067  38415  13688  7616   8371   99223  29602
        24062  3434   2555]
        [2552  17165  8550   1075   9744   8433   51519  33975  19680  3352   13482
        95134]
        [119305      4173   8689   23168  9298   56019  16508  1412   5338   12358
        10244  40924]
        [37421 117834 54302  23130  10773  17198  4502   31522  11890  15467  10471
        1378]
        [1936  43120  16517  4175   58681  4456   115364 25431  11746  9556   10408
        33654]
        [35285 2259   4341   15649  15208  123959 40354  2589   10482  14199  65595
        25217]
        [33515 48469  140553 12026  4667   42830  1952   15535  16438  74727  15777
        3049]
        [2696  28949  58909  10084  189063 3574   52008  12790  109078 21149  6086
        16959]
        [23655 4707   4713   22096  62495  69540  39573  13575  20377  6277   197308
        17912]
        [18447 24144  73592  113332 4387   40928  3969   22356  2675   142145 55296
        13971]
        [13189 16350  32871  20485  63578  2382   21258  90014  126126 49454  3105
        15603]
        [13458 11243  2040   6286   29593  18908  14369  26336  35618  3872   50952
        78105]
        [60123 9977   13053  97856  1923   9953   8215   4658   2868   40775  21674
        16432]];

l = [[8083   35475  8670   25587  8889   6000   6640   89745  19830  19700  1675
        1949]
        [1852  435    6812   700    8238   5620   24975  24311  16900  1455   8446
        85200]
        [81774 2392   6660   18780  4372   23825  8606   1111   1875   8100   7900
        23314]
        [25408 89119  33250  16375  7279   8549   2607   19140  8827   8610   4500
        1000]
        [1357  23576  9411   1575   34525  2419   82692  20064  7989   6780   6754
        25860]
        [24870 2043   2066   8190   8661   87474  24939  2175   6810   7145   34612
        18617]
        [19123 29460  94211  8451   2163   26860  1400   8664   7695   37380  7765
        2050]
        [2218  20652  36862  3900   117750 1515   30120  9102   64204  9300   1837
        9331]
        [12806 3045   2080   10560  37420  35220  26825  5389   8127   1378   109050
        12491]
        [12680 13000  44467  64750  2000   23850  3086   6540   2019   115200 32640
        5758]
```

```
[6090  11220  24950  6740   32700  1585   12825  56150  102420 32100  1100
7320]
[8800  5310   1607   2472   23025  10125  8800   8531   26010  1420   16770
46900]
[45390 7280   7243   73267  1395   6295   3799   1740   1201   22526  18242
7457]];
```

4.1.8. Resultados obtenidos

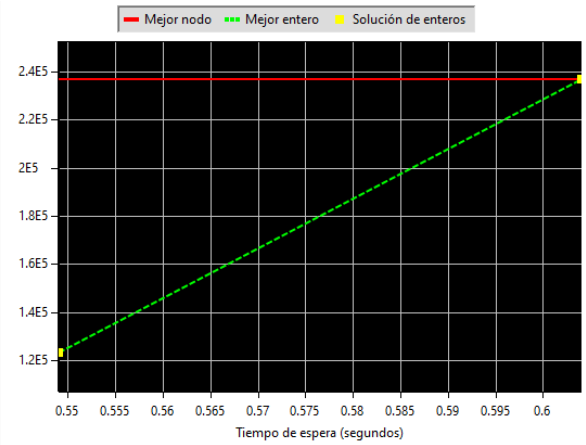
CPLEX ofrece reportes detallados sobre la solución objetivo alcanzada y la eficiencia del sistema para encontrarla, entre los reportes más destacados tenemos los mostrados en las figuras.

Figura 8
Estadísticas de eficiencia del sistema en CPLEX Optimization Studio 22.1

Estadística	Valor
Cplex	solution (integer optimal, tolerance) with objective 360981.396.
Constraints	432
Variables	156
Integer	156
Non-zero coefficients	1848
MIP	
Objective	3.60981E5
Incumbent	3.60981E5
Nodes	0
Remaining nodes	1
Iterations	4
Solution pool	
Count	3
Mean objective	3.18447E5

Fuente: Elaboración propia (2022).

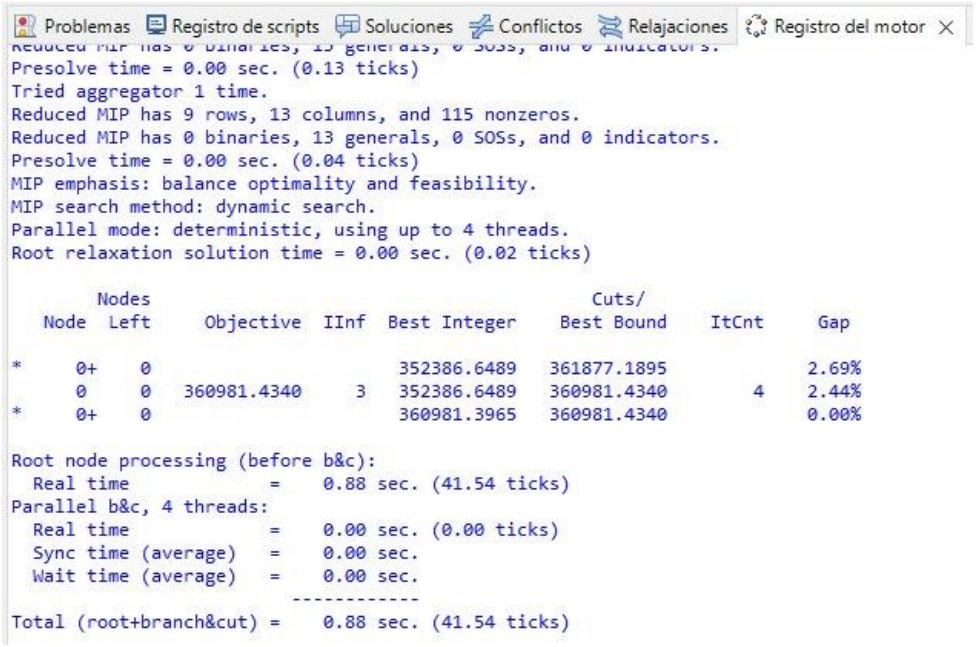
Figura 9
Estadísticas de eficiencia (tiempos) en CPLEX Optimization Studio 22.1



Fuente: Elaboración propia (2022).

Figura 10

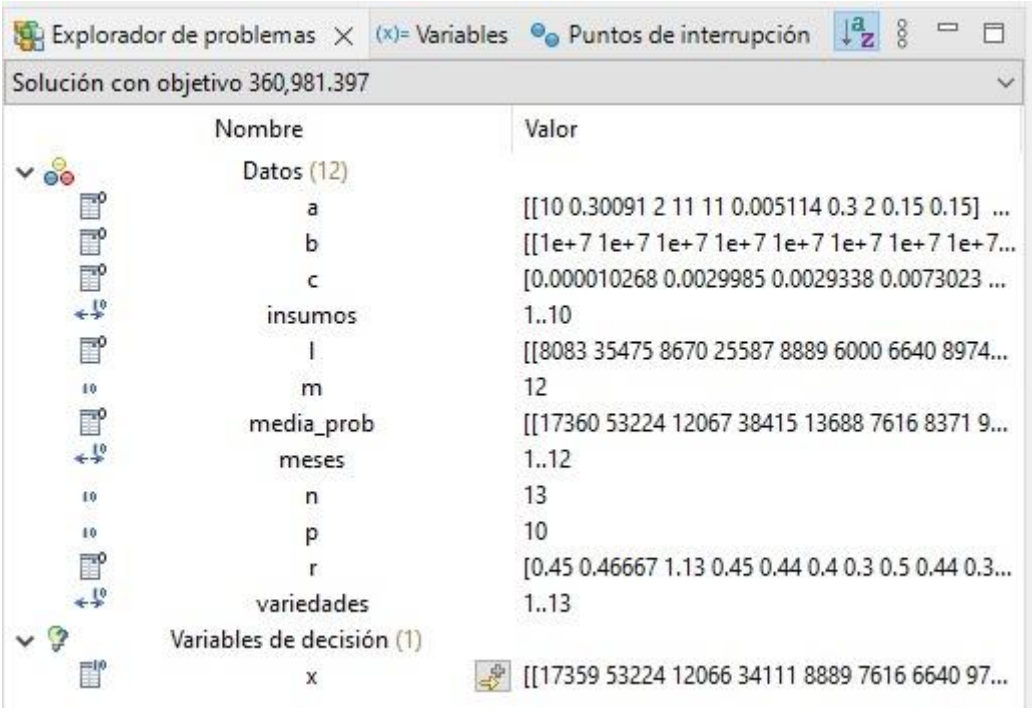
Registro del motor en CPLEX Optimization Studio 22.1



Fuente: Elaboración propia (2022).

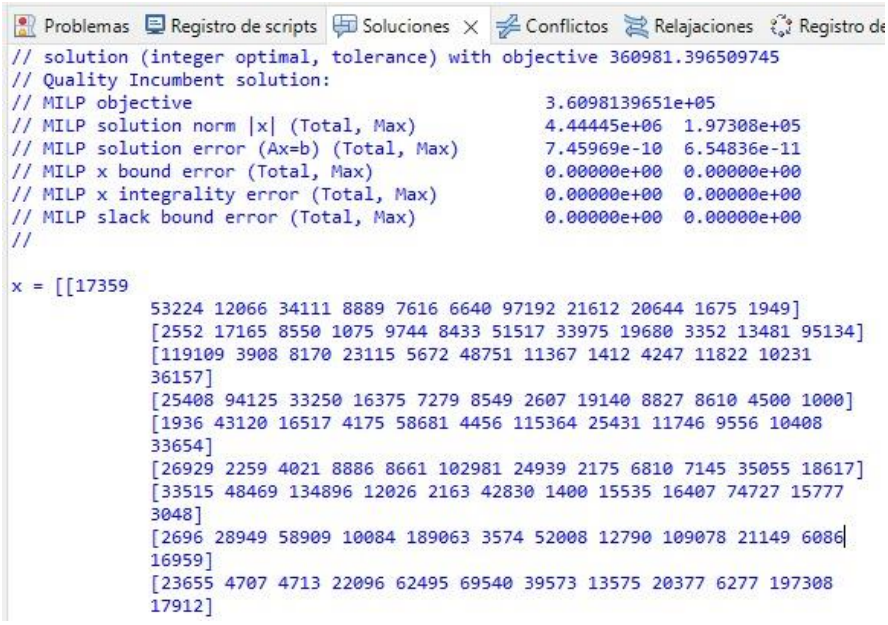
Figura 11

Registro del explorador de datos con la solución objetivo en CPLEX Optimization Studio 22.1



Fuente: Elaboración propia (2022).

Figura 12
Reporte de Soluciones en CPLEX Optimization Studio 22.1



Fuente: Elaboración propia (2022).

Con ello, el plan óptimo de producción resultante del procesamiento en CPLEX es el mostrado en los cuadros 15 y 16.

Cuadro 15
Plan de producción óptimo hallado en CPLEX (Parte 1)

Variedad de pan	Meses					
	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
Bambuco	6640	97192	21612	20644	1675	1949
Bizcocho chico	51517	33975	19680	3352	13481	95134
Bizcocho normal	11367	1412	4247	11822	10231	36157
Camote	2607	19140	8827	8610	4500	1000
Caracol	115364	25431	11746	9556	10408	33654
Coliza	24939	2175	6810	7145	35055	18617
Galleta	1400	15535	16407	74727	15777	3048
Hamburguesa	52008	12790	109078	21149	6086	16959
Integral	39573	13575	20377	6277	197308	17912
Petipán	3086	22356	2021	132523	55296	8118
Serrano	14994	78889	110189	38426	3105	14822
Tostada	14364	23908	33133	3241	26361	75370
Yema	8215	4658	2868	40775	21674	16432

Fuente: Elaboración propia (2022).

Cuadro 16
Plan de producción óptimo hallado en CPLEX (Parte 2)

Variedad de pan	Meses					
	Ene-23	**Feb-23**	**Mar-23**	**Abr-23**	**May-23**	**Jun-23**
Bambuco	17359	53224	12066	34111	8889	7616
Bizcocho chico	2552	17165	8550	1075	9744	8433
Bizcocho normal	119109	3908	8170	23115	5672	48751
Camote	25408	94125	33250	16375	7279	8549
Caracol	1936	43120	16517	4175	58681	4456
Coliza	26929	2259	4021	8886	8661	102981
Galleta	33515	48469	134896	12026	2163	42830
Hamburguesa	2696	28949	58909	10084	189063	3574
Integral	23655	4707	4713	22096	62495	69540
Petipán	18447	24144	73587	101419	2000	40927
Serrano	13189	16350	32871	20485	43200	2382
Tostada	9633	11243	2040	2472	28091	150109
Yema	60123	9977	13053	97856	1923	9953

Fuente: Elaboración propia (2022).

Finalmente, el valor óptimo obtenido para las ganancias de Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L. con el plan de producción propuesto asciende a S/. 360,981.43, con un costo de producción de S/. 2’116,131.41, asumiendo un riesgo mínimo de inversión (5%).

4.2. Pruebas de hipótesis

En el desarrollo del presente estudio se formularon dos hipótesis específicas, cuyas demostraciones conllevarán a la demostración de la hipótesis general.

4.2.1. Hipótesis Específicas

4.2.1.1. Hipótesis específica a). Se formuló de la siguiente manera:

H_{0_a} : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos permitirá obtener un nivel óptimo de producción mensual por cada variedad de pan, de tal manera que satisfaga tanto la demanda esperada como la disponibilidad de insumos en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.

H_{1_a} : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos no permitirá obtener un nivel óptimo de producción mensual por cada variedad de pan, de tal manera que satisfaga tanto la demanda esperada como la disponibilidad de insumos en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.

Prueba:

1) El modelo probabilístico utilizado para encontrar el plan de producción en la presente investigación está basado en la resolución de una aproximación a un problema de programación lineal, que, a su vez, es un formulismo

matemático exacto, por lo que puede asegurarse que, con las condiciones dadas, el plan obtenido es óptimo.

2) Al ser resuelto el problema con métodos de programación lineal entera, la solución aportada satisface tanto la demanda esperada (valor estocástico) como la disponibilidad de insumos, con un riesgo máximo del 5% de no satisfacerlos.

Conclusión:

De (1) y (2), existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis H_{0_a}, por lo tanto, se concluye que la aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos permite obtener un nivel óptimo de producción mensual por cada variedad de pan, satisfaciendo tanto la demanda esperada como la disponibilidad de insumos en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.

4.2.1.2. Hipótesis específica b). Se formuló de la siguiente manera:

H_{0_b} : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos permitirá determinar un plan anual de producción que minimice los costos asumidos por la compra de insumos, considerando las fluctuaciones de la demanda en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.

H_{1_b} : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos no permitirá determinar un plan anual de producción que minimice los costos asumidos por la compra de insumos, considerando las fluctuaciones de la demanda en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L.

Consideraciones:

- Como se estableció en el planteamiento del problema, una de las mayores falencias en el sistema de producción de pan en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L. es el valor subjetivo que la gerencia otorga a la experiencia al momento de estimar la demanda mensual de pan. Siendo el valor más comúnmente aceptado para la estimación de la demanda mensual el promedio de lo vendido, se tomarán las medias mensuales por cada tipo de pan para estimar los costos incurridos en la compra de insumos sin considerar el plan de producción objeto del presente estudio.

- El modelo formulado de programación estocástica entera para la producción de pan considera una demanda probabilística D_{ij} $(i = 1, 2, \cdots, 13; j = 1, 2, \cdots, 12)$, cuya normalidad ha sido verificada, por lo tanto el resultado obtenido ya valora el efecto probabilístico que ocasiona la fluctuación en la demanda.

Prueba:

1) Formulamos las hipótesis equivalentes:

$H_{0_{eq}}$: La media del costo mensual de producción por variedad de pan obtenida mediante la aplicación del modelo estocástico de planeamiento de la producción es menor que el costo esperado mensual por variedad de pan.

$$\overline{C}^{*}_{modelo} < \overline{C}_{esperado}$$

$H_{1_{eq}}$: La media del costo mensual de producción por variedad de pan obtenida mediante la aplicación del modelo

estocástico de planeamiento de la producción es igual al costo esperado mensual por variedad de pan.

$$\overline{C}^{*}_{modelo} = \overline{C}_{esperado}$$

2) La prueba consiste en aceptar o rechazar la hipótesis alternativa $H_{1_{eq}}$ ($\overline{C}^{*}_{modelo} = \overline{C}_{esperado}$). Para esto, tenemos los conjuntos de datos resumidos en el cuadro 17.

Cuadro 17

Costos comparados: obtenidos con la implementación del modelo Vs. costos medios

Variable	Variedad de pan	Mes	$\overline{C}^{*}_{modelo}$ (en S/.)	$\overline{C}_{esperado}$ (en S/.)
D_{11}	Bambuco	Enero	6786.61	9558.10
D_{12}	Bambuco	Febrero	20808.27	25500.14
D_{13}	Bambuco	Marzo	4717.28	5676.69
D_{14}	Bambuco	Abril	13335.92	18273.31
D_{15}	Bambuco	Mayo	3475.21	6460.56
D_{16}	Bambuco	Junio	2977.52	3401.32
D_{17}	Bambuco	Julio	2595.95	3753.18
D_{18}	Bambuco	Agosto	37997.84	42652.57
D_{19}	Bambuco	Setiembre	8449.35	14168.26
$D_{1\,10}$	Bambuco	Octubre	8070.91	10770.85
$D_{1\,11}$	Bambuco	Noviembre	654.85	1788.63
$D_{1\,12}$	Bambuco	Diciembre	761.97	1172.87
D_{21}	Bizcocho chico	Enero	970.74	1152.56
D_{22}	Bizcocho chico	Febrero	6529.30	8799.43
D_{23}	Bizcocho chico	Marzo	3252.29	3742.98
D_{24}	Bizcocho chico	Abril	408.91	514.28
D_{25}	Bizcocho chico	Mayo	3706.46	4161.40
D_{26}	Bizcocho chico	Junio	3207.78	3910.35
D_{27}	Bizcocho chico	Julio	19596.26	25371.63
D_{28}	Bizcocho chico	Agosto	12923.56	15238.19
D_{29}	Bizcocho chico	Setiembre	7485.96	8406.49
$D_{2\,10}$	Bizcocho chico	Octubre	1275.05	1702.22
$D_{2\,11}$	Bizcocho chico	Noviembre	5127.96	6295.36
$D_{2\,12}$	Bizcocho chico	Diciembre	36187.48	41104.32
D_{31}	Bizcocho normal	Enero	125098.33	156282.33
D_{32}	Bizcocho normal	Febrero	4104.51	5829.08
D_{33}	Bizcocho normal	Marzo	8580.82	10754.91

Variable	Variedad de pan	Mes	$\overline{C}^{*}_{modelo}$ (en S/.)	$\overline{C}_{esperado}$ (en S/.)
D_{34}	Bizcocho normal	Abril	24277.33	28042.60
D_{35}	Bizcocho normal	Mayo	5957.21	13670.50
D_{36}	Bizcocho normal	Junio	51202.42	78823.85
D_{37}	Bizcocho normal	Julio	11938.58	23333.12
D_{38}	Bizcocho normal	Agosto	1483.00	1701.46
D_{39}	Bizcocho normal	Setiembre	4460.56	8008.42
$D_{3\,10}$	Bizcocho normal	Octubre	12416.46	15701.75
$D_{3\,11}$	Bizcocho normal	Noviembre	10745.46	12582.41
$D_{3\,12}$	Bizcocho normal	Diciembre	37975.14	54320.71
D_{41}	Camote	Enero	11038.51	19993.40
D_{42}	Camote	Febrero	40892.62	60306.03
D_{43}	Camote	Marzo	14445.47	29814.14
D_{44}	Camote	Abril	7114.12	12023.41
D_{45}	Camote	Mayo	3162.36	5699.99
D_{46}	Camote	Junio	3714.11	10488.93
D_{47}	Camote	Julio	1132.61	2631.46
D_{48}	Camote	Agosto	8315.38	17256.36
D_{49}	Camote	Setiembre	3834.89	6006.27
$D_{4\,10}$	Camote	Octubre	3740.62	8584.74
$D_{4\,11}$	Camote	Noviembre	1955.03	6210.90
$D_{4\,12}$	Camote	Diciembre	434.45	715.97
D_{51}	Caracol	Enero	535.66	647.44
D_{52}	Caracol	Febrero	11930.56	15117.94
D_{53}	Caracol	Marzo	4569.97	6207.65
D_{54}	Caracol	Abril	1155.15	1653.18
D_{55}	Caracol	Mayo	16236.02	22003.19
D_{56}	Caracol	Junio	1232.90	1629.11
D_{57}	Caracol	Julio	31919.22	38622.14
D_{58}	Caracol	Agosto	7036.32	8065.30
D_{59}	Caracol	Setiembre	3249.92	4067.24
$D_{5\,10}$	Caracol	Octubre	2643.98	3162.48
$D_{5\,11}$	Caracol	Noviembre	2879.71	3502.80
$D_{5\,12}$	Caracol	Diciembre	9311.48	10823.83
D_{61}	Coliza	Enero	8797.83	13711.80
D_{62}	Coliza	Febrero	738.03	806.96
D_{63}	Coliza	Marzo	1313.68	1901.42
D_{64}	Coliza	Abril	2903.10	6689.28
D_{65}	Coliza	Mayo	2829.59	6999.65
D_{66}	Coliza	Junio	33644.38	48780.28
D_{67}	Coliza	Julio	8147.69	16531.26
D_{68}	Coliza	Agosto	710.58	947.44
D_{69}	Coliza	Setiembre	2224.86	4234.09
$D_{6\,10}$	Coliza	Octubre	2334.31	6011.37
$D_{6\,11}$	Coliza	Noviembre	11452.63	29354.42

Variable	Variedad de pan	Mes	$\overline{C}^{*}_{modelo}$ (en S/.)	$\overline{C}_{esperado}$ (en S/.)
$D_{6\,12}$	Coliza	Diciembre	6082.26	9841.98
D_{71}	Galleta	Enero	7686.25	9976.18
D_{72}	Galleta	Febrero	11115.76	14200.58
D_{73}	Galleta	Marzo	30936.71	39485.03
D_{74}	Galleta	Abril	2758.01	3379.75
D_{75}	Galleta	Mayo	496.06	1447.58
D_{76}	Galleta	Junio	9822.52	12555.54
D_{77}	Galleta	Julio	321.07	542.61
D_{78}	Galleta	Agosto	3562.76	4689.95
D_{79}	Galleta	Setiembre	3762.74	4981.21
$D_{7\,10}$	Galleta	Octubre	17137.70	23541.49
$D_{7\,11}$	Galleta	Noviembre	3618.26	5316.27
$D_{7\,12}$	Galleta	Diciembre	699.02	834.79
D_{81}	Hamburguesa	Enero	1057.11	1230.81
D_{82}	Hamburguesa	Febrero	11350.95	13929.41
D_{83}	Hamburguesa	Marzo	23098.31	29470.75
D_{84}	Hamburguesa	Abril	3953.95	5498.05
D_{85}	Hamburguesa	Mayo	74131.90	93280.97
D_{86}	Hamburguesa	Junio	1401.37	1893.07
D_{87}	Hamburguesa	Julio	20392.42	26268.45
D_{88}	Hamburguesa	Agosto	5014.98	6240.30
D_{89}	Hamburguesa	Setiembre	42769.66	55615.30
$D_{8\,10}$	Hamburguesa	Octubre	8292.56	12478.24
$D_{8\,11}$	Hamburguesa	Noviembre	2386.33	3419.91
$D_{8\,12}$	Hamburguesa	Diciembre	6649.65	8675.64
D_{91}	Integral	Enero	7813.54	10033.57
D_{92}	Integral	Febrero	1554.78	1932.33
D_{93}	Integral	Marzo	1556.76	2071.06
D_{94}	Integral	Abril	7298.58	9913.34
D_{95}	Integral	Mayo	20642.88	26362.24
D_{96}	Integral	Junio	22969.93	30380.16
D_{97}	Integral	Julio	13071.45	16214.38
D_{98}	Integral	Agosto	4483.99	6358.51
D_{99}	Integral	Setiembre	6730.78	10624.50
$D_{9\,10}$	Integral	Octubre	2073.37	3078.18
$D_{9\,11}$	Integral	Noviembre	65173.29	83957.83
$D_{9\,12}$	Integral	Diciembre	5916.56	7192.55
$D_{10\,1}$	Petipán	Enero	5217.90	6242.13
$D_{10\,2}$	Petipán	Febrero	6829.34	8707.81
$D_{10\,3}$	Petipán	Marzo	20814.73	26366.11
$D_{10\,4}$	Petipán	Abril	28687.25	42865.26
$D_{10\,5}$	Petipán	Mayo	565.72	1800.40
$D_{10\,6}$	Petipán	Junio	11576.56	14835.09
$D_{10\,7}$	Petipán	Julio	872.90	1301.15

Variable	Variedad de pan	Mes	$\overline{C}^{*}_{modelo}$ (en S/.)	$\overline{C}_{esperado}$ (en S/.)
$D_{10\,8}$	Petipán	Agosto	6323.59	9069.87
$D_{10\,9}$	Petipán	Setiembre	571.66	885.91
$D_{10\,10}$	Petipán	Octubre	37485.29	46309.64
$D_{10\,11}$	Petipán	Noviembre	15640.96	19348.39
$D_{10\,12}$	Petipán	Diciembre	2296.25	5518.29
$D_{11\,1}$	Serrano	Enero	4307.86	5722.15
$D_{11\,2}$	Serrano	Febrero	5340.32	6472.73
$D_{11\,3}$	Serrano	Marzo	10736.50	12561.35
$D_{11\,4}$	Serrano	Abril	6690.92	10648.31
$D_{11\,5}$	Serrano	Mayo	14110.21	27339.84
$D_{11\,6}$	Serrano	Junio	778.02	955.38
$D_{11\,7}$	Serrano	Julio	4897.42	9029.55
$D_{11\,8}$	Serrano	Agosto	25767.14	36592.80
$D_{11\,9}$	Serrano	Setiembre	35990.51	47621.63
$D_{11\,10}$	Serrano	Octubre	12550.90	19896.38
$D_{11\,11}$	Serrano	Noviembre	1014.17	1476.35
$D_{11\,12}$	Serrano	Diciembre	4841.24	6695.82
$D_{12\,1}$	Tostada	Enero	3649.57	6198.18
$D_{12\,2}$	Tostada	Febrero	4259.54	5910.62
$D_{12\,3}$	Tostada	Marzo	772.88	935.03
$D_{12\,4}$	Tostada	Abril	936.55	3352.93
$D_{12\,5}$	Tostada	Mayo	10642.60	12975.25
$D_{12\,6}$	Tostada	Junio	56870.54	9327.19
$D_{12\,7}$	Tostada	Julio	5441.97	6686.15
$D_{12\,8}$	Tostada	Agosto	9057.82	16444.87
$D_{12\,9}$	Tostada	Setiembre	12552.82	16441.46
$D_{12\,10}$	Tostada	Octubre	1227.89	2221.27
$D_{12\,11}$	Tostada	Noviembre	9987.17	28240.72
$D_{12\,12}$	Tostada	Diciembre	28554.80	37798.64
$D_{13\,1}$	Yema	Enero	22904.66	27078.11
$D_{13\,2}$	Yema	Febrero	3800.87	4458.41
$D_{13\,3}$	Yema	Marzo	4972.71	6743.05
$D_{13\,4}$	Yema	Abril	37279.55	43624.11
$D_{13\,5}$	Yema	Mayo	732.59	857.17
$D_{13\,6}$	Yema	Junio	3791.73	4789.85
$D_{13\,7}$	Yema	Julio	3129.61	4234.03
$D_{13\,8}$	Yema	Agosto	1774.53	2411.88
$D_{13\,9}$	Yema	Setiembre	1092.60	1597.76
$D_{13\,10}$	Yema	Octubre	15533.78	20231.06
$D_{13\,11}$	Yema	Noviembre	8257.00	9295.12
$D_{13\,12}$	Yema	Diciembre	6259.99	9090.93

Fuente: Elaboración propia (2022).

3) Aplicando la Prueba T de Student para muestras independientes en SPSS obtenemos los reportes mostrados en los cuadros 18 y 19.

Cuadro 18

Reporte de SPSS: Estadísticas descriptivas de los costos obtenidos con el modelo Vs. los costos esperados sin la implementación del modelo

Estadísticas de grupo

Método		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Costos	Modelo	156	11232.7179	15887.84573	1272.04570
	Esperado	156	15063.7051	19940.41141	1596.51063

Fuente: Elaboración propia (2022).

Cuadro 19

Reporte de SPSS: Prueba T de Student para muestras independientes

Prueba de muestras independientes

		gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Costos	Se asumen varianzas iguales	310	0.041	-3830.98718	2041.30999	-7847.56247	185.58811
	No se asumen varianzas iguales	295.269	0.042	-3830.98718	2041.30999	-7848.34799	186.37363

Fuente: Elaboración propia (2022).

4) Como se observa en el cuadro 19, el estadígrafo de contraste (Sig. bilateral) cuando no se asumen varianzas iguales es $t = 0.042 < 0.05$, por lo que se rechaza la hipótesis alternativa $H_{1_{eq}}$; en consecuencia: $\overline{C}^{*}_{modelo} \neq \overline{C}_{esperado}$.

5) En el cuadro 18, se aprecia que

$$\overline{C}^{*}_{modelo} = \text{S/. } 11{,}232.72 < \text{S/. } 15{,}063.71 = \overline{C}_{esperado}$$

Por lo que se confirma que $\overline{C}^{*}_{modelo} < \overline{C}_{esperado}$.

Conclusión:

De las consideraciones previas y los puntos (4) y (5), existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis H_{0_b}, por lo tanto, se concluye que la aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos permite determinar un plan anual de producción que minimiza los costos asumidos por la compra de insumos, considerando las fluctuaciones de la demanda en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L

4.2.2. Hipótesis General

Se formularon las siguientes hipótesis:

H_0 : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos establecerá un plan anual de producción óptimo para Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L., que permita obtener la mejor utilidad satisfaciendo la demanda mensual de pan.

H_1 : La aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos no establecerá un plan anual de producción óptimo para Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L., que permita obtener la mejor utilidad satisfaciendo la demanda mensual de pan.

Prueba:

1) Previamente se aceptó la validez de la hipótesis H_{0_a}, por lo que quedó demostrado que la aplicación del modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos permitió obtener un plan de producción óptimo por cada variedad de pan de manera mensual, satisfaciendo tanto la demanda esperada como la disponibilidad de insumos.

2) Del mismo modo, se aceptó la validez de la hipótesis H_{0_b}, por lo tanto, se demostró que la aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos permitió determinar un plan anual de producción que minimiza los costos asumidos por la compra de insumos, considerando las fluctuaciones de la demanda en Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L., lo que implica, a su vez, una maximización de la utilidad percibida por el ejercicio de producción.

Conclusión:

De (1) y (2), existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis H_0, por lo tanto, se concluye que la aplicación de un modelo probabilístico de planeación con Mezcla de Productos estableció un plan anual de producción óptimo para Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L., que permite obtener la mejor utilidad satisfaciendo la demanda mensual de pan

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Al realizar una revisión de la literatura consultada, además de observar que el campo de la optimización estocástica se encuentra aún poco explorado en el contexto industrial peruano, llama poderosamente la atención corroborar que la mayoría de problemas susceptibles de ser enfocados y abordados por métodos de programación estocástica suelen ser tratados como problemas de naturaleza determinística, ignorando casi por completo la gran contribución de la Teoría de la Probabilidad en la administración y el análisis de procesos, sobre todo en aquellos por cuya esencia deben ser repetidos constantemente. Los procesos de manufactura, así como los administrativos – incidiendo especialmente en la burocracia propia de la administración pública – y fisiológicos suelen ser recurrentes y extremadamente repetitivos; razón por la cual, desde la perspectiva de la mejora de procesos, deberían ser tratados por métodos probabilísticos, más aun considerando la cantidad de información que se puede obtener de ellos, es posible construir bases de datos robustas sólo con la observación de la ejecución de dichos procesos, siendo esta característica precisamente, una de las necesidades imperantes en la aplicación de estudios en los que intervenga la Teoría de la Probabilidad.

Tomando como ejemplo el trabajo de (Kau, 2018), la autora desarrolla un análisis extenso de las dietas servidas en el Hospital Nacional Cayetano Heredia con la intención de identificar aquellos alimentos que aportan contenidos grasos para minimizar el volumen de su participación en las comidas servidas en el nosocomio, mientras que a su vez persigue minimizar el costo de producción de todo el proceso. La propia autora reconoce en la discusión de su trabajo que la

naturaleza de los parámetros sufre variaciones en el tiempo, que son necesarios considerar al momento de llevar a cabo el modelado de un sistema, a esto es posible agregarle que los modelos de probabilidad son muy útiles para abordar y superar la volatilidad en la incertidumbre de la información disponible.

Sin embargo, dada la propia condición de optimalidad del Método Simplex y sus variantes[5], la PL siempre se constituirá en un método de optimización fiable, cuya solución es, cuando menos, un óptimo local. Esta característica del método utilizado ayuda siempre a entender la importancia y trascendencia de las soluciones objetivo encontradas, puesto que, en su ejecución, el algoritmo se autorregula, buscando siempre una solución mejor.

De otro lado, existen también métodos de análisis y abordaje de problemas de optimización estocástica en los que interviene un factor de incertidumbre sobre los costos de producción. Esto es especialmente cierto cuando hablamos de realidades económicas inestables, con largos periodos de recesión económica endulzados con políticas, por decir lo menos, anacrónicas y demostradamente inservibles. Un caso típico en América Latina (soslayando al de Venezuela) es el de la bien conocida crisis argentina, que se agudiza cada vez más, al punto que intentar aplicar un modelo de probabilidad para controlar el factor de incertidumbre en una economía tan volátil no sería siempre lo más recomendable, los indicadores siempre irían en aumento y el cambio de moneda provocaría que los costos casi nunca estuvieren actualizados (El Cronista, 2022). Este es, en parte, el más grande motivo por el cual no se abordó la presente investigación con el valor esperado de la información perfecta y el valor de la solución estocástica (EVPI y VSS respectivamente, por sus siglas en inglés), dado que se requeriría de una estimación puntual de los costos de los insumos para un caso optimista y luego también para un caso pesimista. Una posible solución a este impasse sería desarrollar un estudio de series de tiempo de la variación de la inflación y los índices de precios al consumidor para determinar los posibles valores en los que se encontrarían los precios de los insumos en cada mes hasta completar el periodo anual de producción analizado, de esa

[5] Buffa, E. & Dyer, J., Ciencias de la Administración e Investigación de Operaciones (Buffa & Dyer, 1983)

forma se superarían los supuestos básicos necesarios para la aplicación de un estudio de optimización estocástica bietápica. (Patankar et al., 2019)

Pese a estas limitaciones, gracias a la aplicación del modelo estocástico de mezcla de productos se obtuvo resultados muy alentadores, siendo que los costos proyectados por la gerencia de la empresa ascendían a un mínimo de S/.2’349,947.31 (se considera como mínimo, ya que normalmente, por la falta de previsión, el gerente suele comprar muchos más insumos al finalizar cada mes al ver que no llegará a satisfacer toda la demanda de determinadas variedades de pan, asimismo, admite sobreproducción de algunas otras variedades cuyas demandas fueron sobreestimadas, lo que ha ocasionado meses en los que la producción se ha echado a perder), y después de aplicar el modelo se obtuvo un costo total de producción de S/.1’752,296.31, obteniéndose una reducción en el costo total del 25.43%, asimismo, considerando el nivel de producción que se esperaba con la programación proyectada por la gerencia en un principio, se iba a tener una pérdida acumulada de S/.233,814.90, cifra que no se encontraba dentro de los cálculos del gerente puesto que sólo proyectaba lo que pensaba vender sin considerar los costos por pérdida de oportunidad para la venta y pérdida de producción por sobreestimación de la demanda a causa de una programación empírica, esta cifra representa casi el 65% de la utilidad neta programada luego de la aplicación del modelo.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La aplicación del modelo estocástico de planeación de la producción con mezcla de productos da resultados muy potentes, siendo que el costo final de producción por concepto de compra de insumos se redujo en más del 25% con la implementación del modelo, comparado con el costo esperado, empíricamente calculado, por la gerencia.

- El modelo estocástico de planeación con mezcla de productos requiere contar con una base de datos históricos lo suficientemente grande como para asegurar la normalidad de la demanda, que es un elemento crucial para cumplir el criterio de optimalidad del modelo.

- En empresas familiares, o más comúnmente en mypes, no se le da el valor correcto a la información numérica, por lo que es muy frecuente que la información esté incompleta o erróneamente almacenada, siendo que puede encontrarse en diversos documentos sin un orden ni prioridad.

- Existen diversas aplicaciones en el mercado para la resolución de modelos de PL, de ellas, CPLEX, es una de las más versátiles y poderosas, sacrificando en su interfaz el aspecto en favor de la funcionalidad del producto. No obstante, CPLEX ofrece una gama muy amplia de funcionalidades que pueden dominarse con la práctica.

Asimismo, CPLEX brinda la experiencia de diseño en un entorno conocido para el usuario (C++, Python), por lo que el diseño de los modelos se convierte en una tarea casi intuitiva.

- La optimización estocástica es un campo muy poco explorado en nuestro entorno, pero de grandes beneficios cuando es correctamente aplicada.

- La aplicación del modelo estocástico de planeación con mezcla de productos en organizaciones industriales tiene el potencial de generar resultados más precisos que los estimados por el personal encargado.

6.2. Recomendaciones

- El presente estudio se desarrolló utilizando datos extraídos, en ocasiones, de hojas de papel escritas a mano a lo largo de los años, lo cual se constituyó en una gran limitante al momento de iniciar el trabajo. Se recomienda verificar primero todas las fuentes de información posibles antes de proceder con la formulación del modelo, así como mantener una base de datos robusta con la información que se fuere actualizando.

- La estructura de costos mostrada en la presente investigación es insipiente en comparación con la que rige todos los procesos productivos de La Montañesa E.I.R.L., por lo que se recomienda realizar un estudio integral de las operaciones a las que se dedica la empresa.

- Dada la coyuntura política y económica que se experimenta a la fecha de presentación del trabajo de investigación, sería adecuado llevar a cabo un estudio de optimización estocástica bietápica, que considere los costos más probable, pesimista y optimista en favor de calcular el valor esperado de la información perfecta (EVPI) y el valor de la solución estocástica

(VSS), de manera tal que se calculen también los costos de pérdida de oportunidad por no invertir.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aco, R. (1980). *Metodología de la investigación científica: sinopsis de elementos básicos y modelo de investigación concreta.* Lima: Universo.

Buffa, E., & Dyer, J. (1983). *Ciencias de la Administración e Investigación de Operaciones.* Ciudad de México: Editorial Limusa.

Cámara Oficial de Comercio, Industria, Servicios y Navegación de Santa Cruz de Tenerife. (2019). *Producción y operaciones*. Recuperado el 15 de mayo de 2022, de Cámara Tenerife: https://www.camaratenerife.com/servicios/emprendimiento/creacion-empresas/asesorate/plan-de-viabilidad/produccion-y-operaciones#:~:text=El%20Plan%20de%20Producci%C3%B3n%20tiene,el%20funcionamiento%20de%20dichas%20operaciones.

Collantes, T. (2018). Análisis y propuesta de mejora en el proceso de lavado y teñido de prendas de vestir aplicando herramientas Lean Manufacturing e Investigación de Operaciones. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Colmenares, A., & Piñero, M. (2008). La investigación acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas. *Laurus - revista de Educación, 14*(27), 96-114.

Dinita, M. (2021). *5 best linear programming software for Windows [2022 Guide]*. Recuperado el 06 de junio de 2022, de WindowsReport: https://windowsreport.com/linear-programming-software/

El Cronista. (06 de julio de 2022). *El ex FMI Alejandro Werner advierte por el peligro de una híper inflación en Argentina.* Recuperado el 06 de junio de 2022, de Diario el Cronista: Economía y Política: https://www.cronista.com/economia-politica/el-ex-fmi-alejandro-werner-advierte-el-peligro-de-una-hiper-inflacion-en-argentina/

Frisch, R. (1963). *Las leyes técnicas y económicas de la producción.* Barcelona: Sagitario.

GAMS Development Corp. (2022). *GAMS: General Algebraic Modeling System*. Recuperado el 15 de junio de 2022, de GAMS Software GmbH: https://www.gams.com/

García, J. (2021). *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas: Dinámica de Sistemas con VENSIM PLE.* Barcelona: ATC-Innova.

GraphNow Software. (2022). *Visual Math*. Recuperado el 15 de junio de 2022, de Software.com.bo: https://software.com.bo/p/visual-math

Grup d'Innovació Docent en Matemàtica Econòmica i Optimització. (2022). *Optimización económica - Conocimientos iniciales*. Recuperado el 01 de junio de 2022, de Universitat de Barcelona: http://www.ub.edu/matheopt/optimizacion-economica/conocimientos-iniciales

Gurobi Optimization. (2022). *Gurobi Optimizer*. Recuperado el 15 de junio de 2022, de Gurobi.com: https://www.gurobi.com/products/gurobi-optimizer/

Guzmán, C. (2017). *¿Cómo estamos en cultura tributaria? Conoce el diccionario de tributación*. Recuperado el 15 de mayo de 2022, de PQS #LaVozDelEmprendedor: https://pqs.pe/pulso-tributario/como-estamos-en-cultura-tributaria-conoce-el-diccionario-de-tributacion/

Haeussler et al. (2017). *Cálculo básico con aplicación a la ciencia de la vida.* Lima: Pearson Educación de Perú S.A.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* Ciudad de México: McGraw Hill Education.

Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones.* Ciudad de México: McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. de C.V.

IBM. (2022). *ILOG CPLEX Optimization Studio*. Recuperado el 15 de mayo de 2022, de IBM.com: https://www.ibm.com/docs/en/icos/20.1.0?topic=mc-what-is-cplex

Intituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Perú: Estructura Empresarial, 2018.* Lima: INEI.

Kau, N. (2018). Minimización por el Método Símplex en contenidos grasos y sus respectivos costos en dieta normal servidas en el Hospital Nacional Cayetano Heredia. *Tesis para optar el grado de Maestro en Matemáticas Aplicadas*. Lima, Perú: Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Kotler, P., & Keller, K. (2012). *Dirección de marketing* (Decimocuarta ed.). Ciudad de México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Lindo Systems Inc. (15 de junio de 2022). *LINGO 19.0 - Optimization Modeling Software for Linear, Nonlinear, and Integer Programming*. Obtenido de An Overview of Lingo: https://www.lindo.com/index.php/products/lingo-and-optimization-modeling

Maximenko, E. (2022). *Apuntes y ejercicios de matemáticas.* Ciudad de México: ESFM - Instituto Politécnico Nacional.

Mitacc, M. (1999). *Tópicos de Inferencia estadística* (Segunda ed.). Lima, Perú: Editorial Thales.

Moncayo-Martínez, L., & Muñoz, D. (2018). Un sistema de apoyo para la enseñanza del Método Simplex y su implementación en computadora. *Formación Universitaria, 11*(6), 54.

Otero, A. (2018). Métodos Para El Diseño Urbano - Arquitectónico. *Enfoques de investigación*. Barranquilla: Researchgate.

Patankar et al. (2019). Building conflict uncertainty into electricity planning: A South Sudan case study. *Energy for Sustainable Development, 49*, 53-64. doi:https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.01.003

Prawda, J. (1984). *Métodos y modelos de Investigación de Operaciones. Volumen 2 Modelos estocásticos.* Ciudad de México: Editorial Limusa.

Ramírez, L., & Pardo, O. (2020). Modelo de planificación táctica de cultivos bajo incertidumbre. *INGE CUC - Universidad Libre de Colombia, 16*(2), 253–267. doi:http://doi.org/10.17981/ingecuc.16.2.2020.20

Sedapal. (2022). *Estructura tarifaria*. Recuperado el 30 de junio de 2022, de Servicio de agua potable y alcantarillado de Lima - tarifas: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.sedapal.com.pe/storage/objects/1web-estructura-tarifaria-agua-potable-y-

alcantarillado-rgg-n-200-2022-gg-del-05052022-publicada-07052022-20220628113831.pdf

Servicio de Archivo de la Universidad de Jaén. (2007). Documentos de Gestión de la Calidad del Servicio de Archivo. *Criterio 5: Procesos*. España: Universidad de Jaén.

Stochastic Programming Society. (2022). *Home SPS*. Recuperado el 25 de mayo de 2022, de Stochastic Programming Society Web site: https://stoprog.org/

Tam, J., Vera, G., & Oliveros, R. (2008). Tipos, métodos y estrategias de investigación científica. *Pensamiento y Acción, 1*(5), 145-154.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. (2019). *El pan y sus variedades*. Recuperado el 06 de junio de 2022, de https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/6/6678/El_pan_y_sus_variedades.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Conformación de la muestra: Volumen de producción de pan en las variedades seleccionadas (Periodo 2010-2021)

Se seleccionaron 13 variedades de pan de entre todas las producidas por Industrias Panificadoras La Montañeza E.I.R.L. entre los años 2010 y 2021.

Tabla A-1

Muestra (Parte 1): Volumen de producción de pan en las variedades seleccionadas - Periodo 2010-2021

Año	Mes	Variedad de pan						
		Bambuco	Bizcocho chico	Bizcocho normal	Camote	Caracol	Coliza	Galleta
2010	Enero	37 240	100 980	1 949	9 992	35 475	9 600	8 700
	Febrero	31 560	85 200	1 852	9 435	24 975	6 260	9 840
	Marzo	29 920	100 560	4 956	8 606	23 825	6 660	5 220
	Abril	44 560	115 560	5 373	9 602	33 250	13 120	4 500
	Mayo	35 420	95 520	2 533	9 663	34 525	10 640	7 350
	Junio	35 509	95 760	2 781	8 661	34 612	10 667	7 368
	Julio	38 348	103 417	2 163	8 386	37 380	11 520	7 957
	Agosto	65 360	117 750	2 958	9 300	75 450	11 360	6 570
	Setiembre	64 560	109 050	1 378	8 234	64 750	6 540	8 610
	Octubre	49 760	115 200	2 019	9 221	56 150	7 320	6 090
	Noviembre	38 540	103 350	2 659	8 690	46 900	8 800	5 400
	Diciembre	38 740	114 510	3 300	7 457	46 075	7 280	6 523
2011	Enero	46 740	108 630	2 100	8 083	58 050	8 420	6 000
	Febrero	40 060	106 920	2 065	10 765	47 825	10 280	7 650
	Marzo	38 220	144 510	5 550	11 127	56 200	10 240	11 100
	Abril	38 160	138 810	6 057	8 549	61 225	10 380	12 210
	Mayo	43 460	139 590	5 888	9 411	77 825	12 660	6 780

Año	Mes	Variedad de pan						
		Bambuco	Bizcocho chico	Bizcocho normal	Camote	Caracol	Coliza	Galleta
	Junio	45 860	149 310	5 820	8 942	89 850	18 400	6 810
	Julio	54 060	172 170	6 312	7 765	102 650	21 720	3 900
	Agosto	74 699	237 900	8 722	10 841	141 839	30 012	5 389
	Setiembre	79 810	254 177	9 319	8 127	151 543	32 065	5 758
	Octubre	46 440	152 430	2 164	6 740	82 175	20 500	8 400
	Noviembre	36 360	102 420	8 850	8 531	63 450	16 360	5 310
	Diciembre	26 010	73 267	6 331	10 302	45 390	11 703	3 799
2012	Enero	25 587	89 745	2 625	21 389	44 566	7 330	7 278
	Febrero	24 311	85 269	2 494	20 322	42 343	6 964	8 965
	Marzo	23 314	81 774	2 392	19 489	40 607	6 679	13 016
	Abril	25 408	89 119	2 607	21 239	44 254	7 279	14 296
	Mayo	23 576	82 692	2 419	19 707	41 062	6 754	7 943
	Junio	24 939	87 474	2 559	20 847	43 437	7 145	8 853
	Julio	26 860	94 211	2 756	22 453	46 782	7 695	5 035
	Agosto	36 862	129 295	3 783	30 814	64 204	10 560	6 538
	Setiembre	37 420	131 250	3 840	31 280	65 175	10 720	6 637
	Octubre	32 640	128 040	3 132	31 640	64 250	10 880	9 636
	Noviembre	32 100	107 820	4 650	42 160	90 800	14 180	6 057
	Diciembre	27 520	91 170	4 200	23 200	53 300	8 985	4 333
2013	Enero	30 360	96 060	3 000	24 448	65 225	6 640	6 861
	Febrero	34 600	108 060	3 030	23 133	66 700	5 620	6 812
	Marzo	51 720	148 800	2 727	22 216	75 050	7 620	4 372
	Abril	46 020	132 810	2 746	24 143	68 625	8 240	7 980
	Mayo	54 640	128 640	4 200	22 436	79 525	9 620	11 430
	Junio	50 600	121 110	2 066	21 425	82 875	10 160	12 960
	Julio	54 747	131 035	2 817	23 181	89 667	10 993	14 022
	Agosto	75 161	179 894	1 837	31 824	123 101	15 092	19 250
	Setiembre	76 174	182 318	2 437	32 165	124 760	15 295	19 509
	Octubre	68 403	163 720	2 478	32 601	112 033	13 735	17 519
	Noviembre	60 915	145 799	2 472	43 406	99 769	12 232	15 601
	Diciembre	43 397	103 870	1 740	23 863	71 078	8 714	11 114
2014	Enero	33 744	95 839	2 342	15 450	49 249	7 757	6 997
	Febrero	31 502	92 949	2 270	15 303	42 847	7 080	8 043
	Marzo	34 398	113 451	3 843	14 439	46 234	7 519	8 253
	Abril	36 908	115 272	4 036	15 546	50 239	9 463	9 279
	Mayo	38 042	107 623	3 641	14 288	57 491	9 584	8 090
	Junio	37 966	109 194	3 200	14 328	60 980	11 050	8 603
	Julio	42 509	119 707	3 344	14 910	67 363	12 593	7 451
	Agosto	61 789	162 886	4 203	19 951	98 893	15 632	9 262
	Setiembre	62 650	164 172	4 173	19 108	99 899	15 762	10 101
	Octubre	48 095	136 328	2 385	20 030	77 234	12 747	10 153
	Noviembre	40 688	111 861	4 505	24 171	73 456	12 534	7 971
	Diciembre	33 297	92 826	3 765	15 715	52 864	8 901	6 228
2015	Enero	33 643	95 989	2 326	15 240	49 414	7 714	7 032

Año	Mes	Variedad de pan						
		Bambuco	Bizcocho chico	Bizcocho normal	Camote	Caracol	Coliza	Galleta
	Febrero	31 878	93 251	2 286	15 685	43 299	7 003	8 126
	Marzo	34 432	116 654	3 815	14 651	48 159	7 562	8 134
	Abril	37 384	114 955	4 034	15 421	50 109	9 429	9 609
	Mayo	37 782	109 087	3 716	14 783	55 810	9 503	8 052
	Junio	37 560	110 466	3 159	14 433	60 889	11 262	8 578
	Julio	42 625	121 593	3 342	14 956	67 731	12 644	7 586
	Agosto	60 714	157 947	4 189	19 761	97 348	16 017	9 194
	Setiembre	62 385	162 360	4 102	18 717	97 094	15 521	9 653
	Octubre	47 996	135 861	2 343	19 086	75 826	12 434	9 924
	Noviembre	39 671	110 481	4 618	25 431	72 156	12 432	7 959
	Diciembre	32 803	92 239	3 638	16 026	51 766	8 857	6 170
2016	Enero	33 114	94 181	2 293	15 041	47 874	7 708	6 894
	Febrero	31 418	93 043	2 265	15 098	43 293	6 929	7 981
	Marzo	34 349	114 749	3 687	14 777	47 940	7 482	8 165
	Abril	36 969	115 304	3 999	15 207	49 746	9 367	9 605
	Mayo	42 282	122 067	4 197	16 631	63 677	11 052	9 038
	Junio	43 185	125 262	3 642	16 395	69 209	12 837	9 858
	Julio	48 195	138 814	3 860	17 104	76 683	14 245	8 530
	Agosto	69 920	182 098	4 861	22 153	111 192	18 128	10 300
	Setiembre	71 661	189 016	4 477	21 926	111 632	18 219	11 453
	Octubre	53 985	153 855	2 661	22 631	86 441	14 330	11 304
	Noviembre	44 964	126 608	5 077	28 353	82 783	14 157	8 793
	Diciembre	37 518	104 959	4 182	17 965	58 907	10 136	6 941
2017	Enero	38 701	109 098	2 621	17 503	55 959	8 705	7 883
	Febrero	35 816	105 422	2 598	17 299	49 436	7 904	9 115
	Marzo	39 084	130 388	4 170	16 478	52 653	8 535	9 232
	Abril	42 348	129 294	4 509	17 491	57 151	10 661	10 458
	Mayo	38 812	108 812	3 657	14 251	56 450	9 812	8 250
	Junio	38 053	111 474	3 181	14 547	61 084	11 364	8 683
	Julio	42 493	121 286	3 383	15 433	66 678	12 528	7 728
	Agosto	60 973	161 686	4 291	19 797	99 406	15 875	9 252
	Setiembre	62 343	164 451	4 017	18 886	97 673	16 068	9 749
	Octubre	48 467	136 325	2 374	19 441	78 168	12 684	10 236
	Noviembre	41 353	113 117	4 680	24 472	73 755	12 590	7 738
	Diciembre	33 465	93 864	3 753	15 886	53 194	9 003	6 263
2018	Enero	35 157	97 453	2 390	15 859	50 545	7 882	7 121
	Febrero	32 248	95 209	2 339	15 878	44 563	7 172	8 230
	Marzo	35 873	118 372	3 851	15 183	47 727	7 662	8 522
	Abril	41 945	130 016	4 555	17 520	56 295	10 751	10 807
	Mayo	42 292	119 972	4 040	16 365	63 031	10 802	9 033
	Junio	42 027	123 786	3 435	16 217	67 579	12 394	9 542
	Julio	46 637	135 305	3 700	16 760	75 408	13 775	8 511
	Agosto	68 683	179 515	4 804	22 441	108 422	18 163	10 248
	Setiembre	70 513	180 075	4 226	20 978	108 724	17 417	10 664

Año	Mes	Variedad de pan						
		Bambuco	Bizcocho chico	Bizcocho normal	Camote	Caracol	Coliza	Galleta
	Octubre	52 777	149 296	2 621	21 502	85 299	14 114	11 042
	Noviembre	45 371	123 511	5 011	27 437	80 546	13 711	8 928
	Diciembre	36 953	101 400	4 157	17 385	57 530	9 813	7 016
2019	Enero	37 614	105 989	2 565	16 944	53 639	8 539	7 728
	Febrero	35 253	103 918	2 549	17 242	49 045	7 826	8 973
	Marzo	38 469	127 404	4 151	16 602	52 191	8 385	9 061
	Abril	37 726	115 881	4 066	15 825	50 897	9 577	9 366
	Mayo	37 912	109 467	3 717	14 921	56 017	9 654	8 228
	Junio	38 106	111 439	3 260	14 972	62 364	11 683	8 550
	Julio	43 039	120 517	3 474	15 253	68 044	12 844	7 449
	Agosto	61 286	163 918	4 276	19 665	102 292	15 806	9 531
	Setiembre	62 023	168 485	4 075	19 307	100 147	15 617	9 843
	Octubre	48 453	137 552	2 395	20 174	78 396	12 954	9 868
	Noviembre	41 097	113 150	4 614	24 480	74 113	12 599	7 662
	Diciembre	33 058	94 047	3 681	15 939	53 017	9 007	6 550
2020	Enero	34 642	97 102	2 360	15 624	49 750	7 857	7 016
	Febrero	32 045	93 959	2 318	15 667	44 232	7 307	8 218
	Marzo	35 517	116 083	3 814	14 777	47 512	7 632	8 345
	Abril	37 218	115 803	4 126	15 773	51 392	9 564	9 637
	Mayo	38 671	111 118	3 729	14 724	56 691	9 832	8 207
	Junio	38 534	112 215	3 179	14 814	59 803	11 409	8 728
	Julio	43 346	125 077	3 486	15 861	68 464	12 650	7 792
	Agosto	62 203	163 452	4 265	20 697	99 815	15 886	9 388
	Setiembre	63 833	165 138	4 203	19 631	99 645	16 293	9 800
	Octubre	48 606	137 926	2 407	20 116	78 560	12 720	10 055
	Noviembre	41 477	112 499	4 728	25 428	74 072	12 677	7 968
	Diciembre	33 169	94 734	3 699	15 974	52 766	9 076	6 274
2021	Enero	33 920	96 460	2 348	15 915	49 230	7 764	7 050
	Febrero	31 992	94 158	2 315	15 877	43 257	7 107	8 174
	Marzo	35 332	116 017	3 773	15 053	47 819	7 536	8 238
	Abril	37 589	115 851	4 072	15 656	50 338	9 556	9 524
	Mayo	38 731	109 242	3 639	15 241	56 573	9 671	8 171
	Junio	37 070	111 755	3 227	14 402	60 623	11 316	8 657
	Julio	42 152	120 561	3 279	15 064	66 119	12 520	7 431
	Agosto	60 525	155 364	4 165	19 327	96 348	15 583	9 047
	Setiembre	61 602	160 551	3 891	18 543	96 596	15 290	9 424
	Octubre	46 378	130 776	2 316	19 194	74 431	12 352	9 699
	Noviembre	39 546	109 642	4 403	24 905	70 812	12 146	7 675
	Diciembre	31 867	89 527	3 695	15 430	50 379	8 616	6 081

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla A-2

Muestra (Parte 2): Volumen de producción de pan en las variedades seleccionadas - Periodo 2010-2021

Año	Mes	Variedad de pan					
		Hamburguesa	**Integral**	**Petipán**	**Serrano**	**Tostada**	**Yema**
2010	Enero	14 520	12 064	4 575	19 700	36 240	700
	Febrero	10 940	12 234	4 475	16 900	25 680	1 111
	Marzo	11 980	11 682	3 625	16 375	31 710	1 000
	Abril	19 760	11 075	5 975	22 600	39 120	2 340
	Mayo	14 700	9 850	2 900	19 075	29 640	2 360
	Junio	14 737	9 875	2 907	19 123	29 714	2 366
	Julio	15 915	10 665	3 139	20 652	32 090	2 555
	Agosto	19 600	17 100	5 850	26 825	35 220	4 340
	Setiembre	15 500	19 925	4 600	23 850	52 890	2 000
	Octubre	14 480	21 975	2 925	24 950	50 370	1 100
	Noviembre	14 040	20 100	2 350	23 025	25 530	1 420
	Diciembre	12 440	17 700	2 250	19 675	27 234	1 456
2011	Enero	12 940	16 525	1 675	27 550	19 830	1 352
	Febrero	9 660	13 950	2 175	22 100	18 780	1 404
	Marzo	11 220	10 025	1 875	22 800	19 140	1 648
	Abril	10 960	10 925	1 575	24 500	29 160	1 461
	Mayo	10 720	14 300	2 175	21 100	24 870	2 043
	Junio	13 700	16 750	2 800	43 500	29 460	1 760
	Julio	10 920	16 425	2 325	35 525	30 120	3 740
	Agosto	15 089	22 696	3 213	49 088	41 619	5 168
	Setiembre	16 121	24 249	3 433	52 447	44 467	5 522
	Octubre	11 220	12 925	2 325	28 625	32 700	3 940
	Noviembre	8 800	10 125	1 611	25 500	16 770	5 140
	Diciembre	6 295	7 243	1 395	18 242	25 864	3 677
2012	Enero	8 670	8 889	2 032	20 205	24 053	1 346
	Febrero	8 238	8 446	2 549	19 197	22 008	1 272
	Marzo	7 900	8 100	2 199	18 410	22 444	1 558
	Abril	8 610	8 827	1 844	20 064	34 142	1 357
	Mayo	7 989	8 190	2 548	18 617	29 138	2 394
	Junio	8 451	8 664	3 640	19 694	38 298	2 288
	Julio	9 102	9 331	3 001	21 211	38 883	4 828
	Agosto	12 491	12 806	3 898	29 110	50 492	6 270
	Setiembre	12 680	13 000	3 957	29 550	51 256	6 365
	Octubre	12 220	12 825	1 585	27 450	37 513	4 520
	Noviembre	12 980	13 625	1 607	25 750	19 129	5 863
	Diciembre	10 240	10 125	1 720	20 250	22 526	4 194
2013	Enero	9 840	12 875	2 323	21 550	21 600	1 080
	Febrero	10 200	16 550	1 455	21 225	26 700	1 620
	Marzo	11 480	14 950	7 625	27 675	39 720	1 243
	Abril	11 220	13 825	2 096	29 150	25 860	1 547
	Mayo	14 660	20 475	2 500	30 125	41 970	2 240

Año	Mes	Variedad de pan					
		Hamburguesa	Integral	Petipán	Serrano	Tostada	Yema
	Junio	14 660	20 450	2 050	28 450	61 920	1 400
	Julio	15 861	22 126	2 218	30 781	66 994	1 515
	Agosto	21 775	30 376	3 045	42 258	91 974	2 080
	Setiembre	22 068	30 785	3 086	42 827	93 213	2 108
	Octubre	19 817	27 645	2 771	38 458	83 704	1 893
	Noviembre	17 648	24 619	2 468	34 248	74 541	1 686
	Diciembre	12 573	17 539	1 758	24 399	53 105	1 201
2014	Enero	11 245	12 218	2 562	21 660	24 714	1 097
	Febrero	9 344	12 247	2 543	19 059	22 273	1 300
	Marzo	10 312	10 714	3 722	20 615	27 119	1 332
	Abril	12 182	10 749	2 713	23 348	30 896	1 608
	Mayo	11 726	12 651	2 444	21 364	30 660	2 184
	Junio	12 564	13 468	2 785	26 148	38 840	1 905
	Julio	12 434	14 382	2 584	26 156	40 373	3 108
	Agosto	16 661	20 203	3 934	35 834	54 063	4 347
	Setiembre	16 193	21 211	3 634	36 135	59 207	3 874
	Octubre	13 825	18 135	2 352	28 831	50 116	2 822
	Noviembre	13 166	16 579	1 952	26 341	32 266	3 397
	Diciembre	10 073	12 903	1 717	20 062	30 775	2 471
2015	Enero	11 202	12 162	2 631	21 622	24 769	1 087
	Febrero	9 475	12 520	2 589	19 364	22 539	1 300
	Marzo	10 352	10 876	3 700	20 929	27 615	1 339
	Abril	12 284	10 871	2 852	23 633	31 377	1 640
	Mayo	11 623	12 951	2 455	21 089	30 263	2 191
	Junio	12 518	13 498	2 750	26 645	38 727	1 911
	Julio	12 542	14 325	2 577	25 722	40 385	3 055
	Agosto	16 683	19 903	3 827	35 658	51 888	4 295
	Setiembre	16 018	21 371	3 599	35 543	58 617	3 815
	Octubre	13 908	18 294	2 312	28 862	48 336	2 817
	Noviembre	12 828	16 448	1 944	26 070	32 374	3 233
	Diciembre	10 024	12 667	1 708	19 826	30 881	2 483
2016	Enero	10 901	12 057	2 529	21 287	24 382	1 082
	Febrero	9 328	12 336	2 553	18 949	22 154	1 288
	Marzo	10 219	10 770	3 783	20 491	27 664	1 296
	Abril	12 181	10 754	2 832	23 215	31 021	1 608
	Mayo	13 305	14 428	2 778	24 303	34 430	2 470
	Junio	14 050	15 234	3 113	30 139	44 213	2 130
	Julio	14 228	16 344	2 935	29 282	46 057	3 510
	Agosto	19 129	22 879	4 326	40 202	60 524	4 925
	Setiembre	18 221	23 917	4 128	41 488	68 004	4 370
	Octubre	15 880	20 538	2 648	33 057	55 826	3 108
	Noviembre	14 767	18 897	2 210	29 819	37 392	3 760
	Diciembre	11 319	14 525	1 949	22 701	34 975	2 897
2017	Enero	12 584	13 848	2 936	24 610	28 141	1 247

Año	Mes	Variedad de pan					
		Hamburguesa	Integral	Petipán	Serrano	Tostada	Yema
	Febrero	10 664	14 218	2 908	21 764	25 530	1 481
	Marzo	11 577	12 097	4 202	23 466	30 787	1 492
	Abril	13 956	12 123	3 141	26 536	34 873	1 818
	Mayo	11 697	13 000	2 458	21 529	30 409	2 195
	Junio	12 633	13 468	2 770	26 916	39 136	1 890
	Julio	12 639	14 176	2 596	26 114	40 534	3 139
	Agosto	16 808	19 873	3 827	35 912	55 004	4 344
	Setiembre	16 082	21 438	3 639	36 673	58 945	3 816
	Octubre	14 259	18 066	2 369	29 083	50 225	2 744
	Noviembre	13 320	16 696	1 965	26 632	31 867	3 397
	Diciembre	10 255	13 003	1 755	20 514	31 958	2 582
2018	Enero	11 357	12 590	2 681	22 120	25 207	1 100
	Febrero	9 593	12 756	2 672	19 537	23 072	1 339
	Marzo	10 625	11 103	3 912	21 385	28 608	1 358
	Abril	13 413	12 209	3 162	25 968	34 911	1 824
	Mayo	13 187	14 660	2 739	23 890	33 932	2 453
	Junio	13 904	14 779	3 062	29 974	43 712	2 120
	Julio	13 932	16 015	2 854	28 888	45 406	3 335
	Agosto	18 818	22 449	4 347	39 934	61 318	4 795
	Setiembre	18 187	23 846	4 022	40 650	65 460	4 339
	Octubre	15 475	20 207	2 567	32 162	55 361	3 156
	Noviembre	14 401	18 327	2 192	29 179	36 008	3 713
	Diciembre	11 173	14 120	1 901	22 186	34 610	2 795
2019	Enero	12 212	13 510	2 881	23 885	27 350	1 215
	Febrero	10 496	13 719	2 837	21 259	25 007	1 448
	Marzo	11 371	11 889	4 261	22 880	30 191	1 452
	Abril	12 302	11 023	2 803	23 418	31 199	1 651
	Mayo	11 790	12 864	2 484	21 433	30 843	2 195
	Junio	12 424	13 638	2 817	26 530	39 339	1 932
	Julio	12 755	14 478	2 603	26 225	40 715	3 153
	Agosto	17 130	20 373	3 905	35 911	54 290	4 401
	Setiembre	16 152	21 713	3 664	36 287	59 279	3 777
	Octubre	14 005	18 749	2 377	29 240	49 531	2 826
	Noviembre	13 245	16 615	1 961	26 707	33 747	3 509
	Diciembre	10 122	12 910	1 748	20 328	31 712	2 519
2020	Enero	11 084	12 366	2 669	21 826	24 858	1 124
	Febrero	9 591	12 492	2 611	19 572	22 821	1 323
	Marzo	10 421	10 944	3 866	21 079	27 817	1 346
	Abril	12 503	10 913	2 762	23 614	31 443	1 640
	Mayo	12 011	12 977	2 496	21 595	30 822	2 222
	Junio	12 651	13 776	2 812	27 164	39 930	1 939
	Julio	12 605	14 357	2 611	26 222	40 574	3 091
	Agosto	17 203	20 334	3 956	36 521	53 688	4 437
	Setiembre	16 256	21 144	3 678	36 957	60 042	3 963

Año	Mes	Variedad de pan					
		Hamburguesa	Integral	Petipán	Serrano	Tostada	Yema
	Octubre	14 416	18 406	2 342	29 381	50 335	2 827
	Noviembre	12 982	16 922	1 970	26 726	32 947	3 444
	Diciembre	10 130	12 941	1 775	20 210	31 180	2 596
2021	Enero	11 137	12 271	2 617	21 849	24 458	1 096
	Febrero	9 545	12 539	2 562	19 360	22 751	1 322
	Marzo	10 347	10 795	3 761	20 909	27 460	1 340
	Abril	12 265	10 853	2 792	23 509	31 400	1 620
	Mayo	11 804	12 890	2 482	21 322	31 016	2 203
	Junio	12 752	13 269	2 738	26 863	39 455	1 903
	Julio	12 465	14 228	2 559	25 531	41 555	2 995
	Agosto	16 513	19 613	3 793	34 955	52 560	4 307
	Setiembre	15 982	20 383	3 559	35 349	58 169	3 811
	Octubre	13 650	17 839	2 290	28 206	48 391	2 732
	Noviembre	12 725	16 418	1 913	25 625	32 320	3 358
	Diciembre	9 861	12 417	1 693	19 498	30 125	2 474

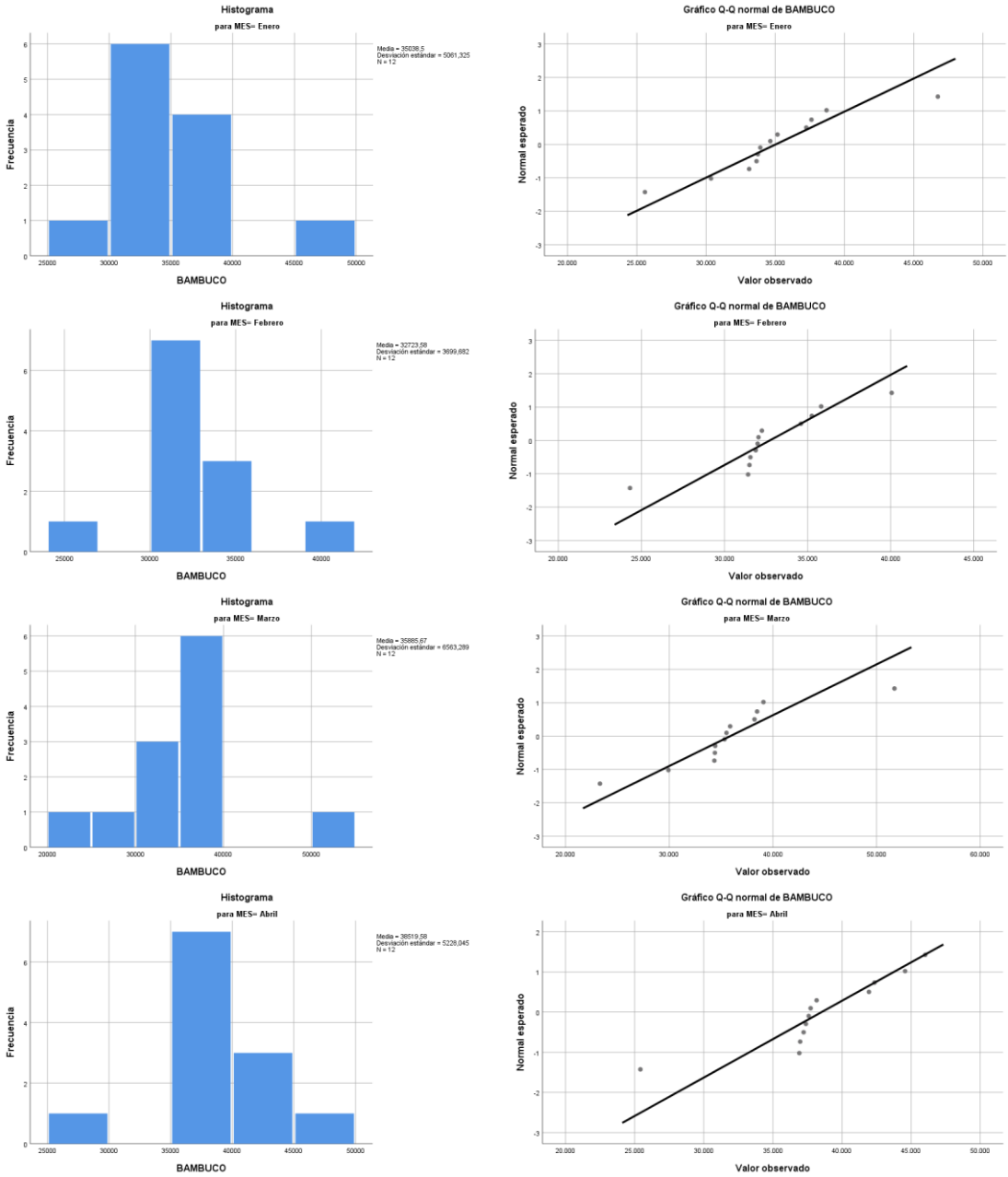
Fuente: Elaboración propia, 2022.

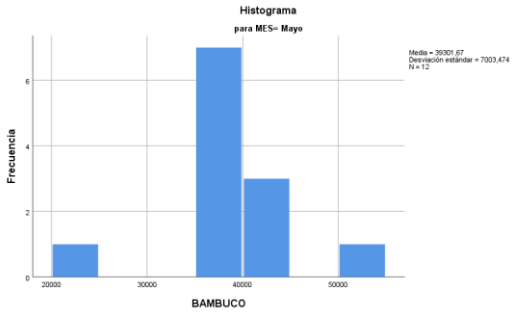
Anexo 2. Histogramas y Gráficos Q-Q asociados a las Pruebas de Normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan

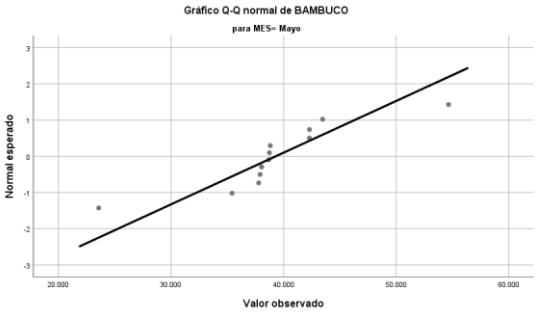
Los siguientes gráficos fueron obtenidos en IBM SPSS Statistics 25 al realizar la prueba de Shapiro-Wilk para la demanda de cada variedad de pan seleccionada en la muestra por mes.

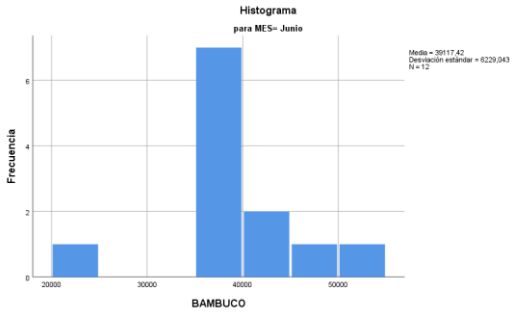
Figura A-1

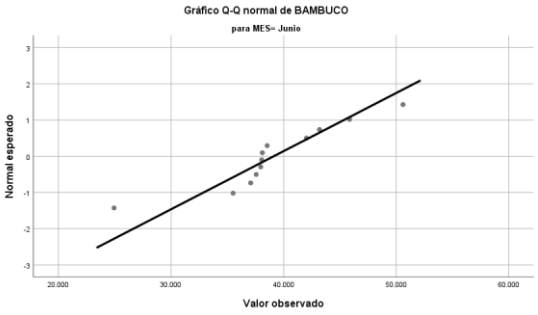
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Bambuco

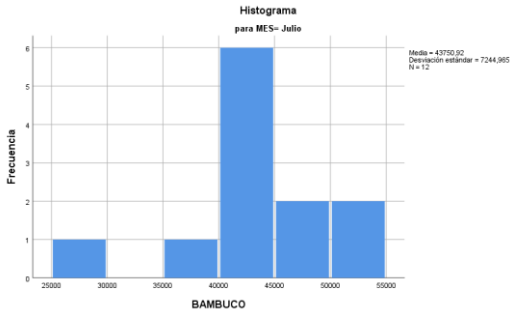


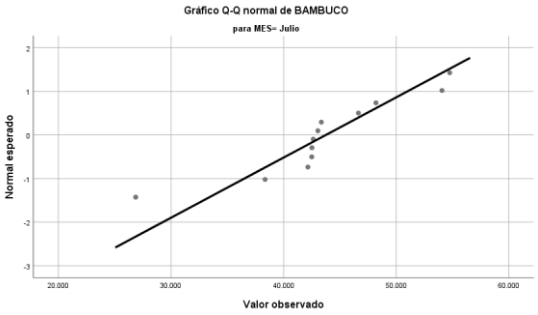

Histograma
para MES= Mayo
Media = 39301,67
Desviación estándar = 7003,474
N = 12
Frecuencia
BAMBUCO

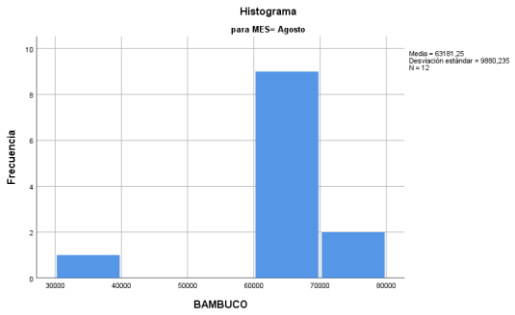

Gráfico Q-Q normal de BAMBUCO
para MES= Mayo
Normal esperado
Valor observado

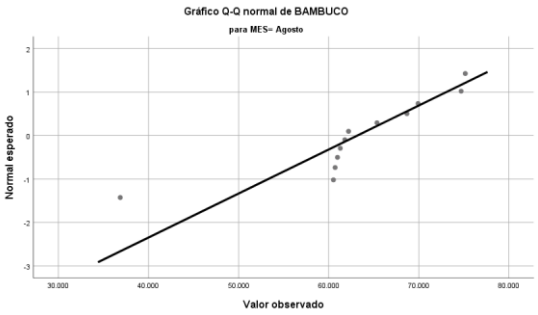

Histograma
para MES= Junio
Media = 39117,42
Desviación estándar = 6229,043
N = 12
Frecuencia
BAMBUCO

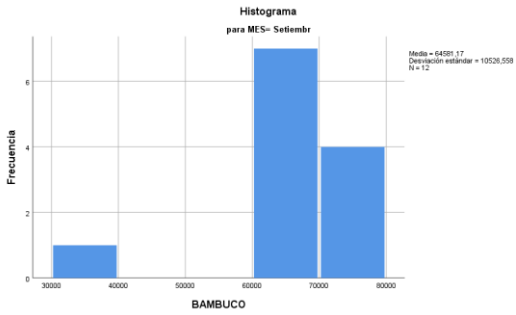

Gráfico Q-Q normal de BAMBUCO
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado

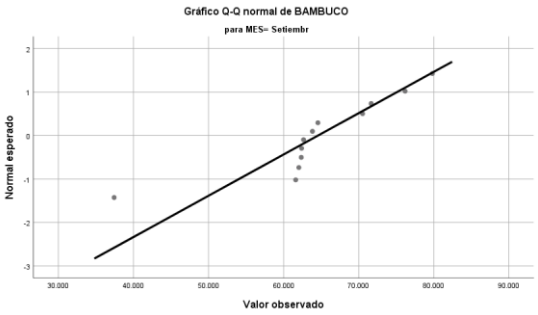

Histograma
para MES= Julio
Media = 43750,92
Desviación estándar = 7244,965
N = 12
Frecuencia
BAMBUCO

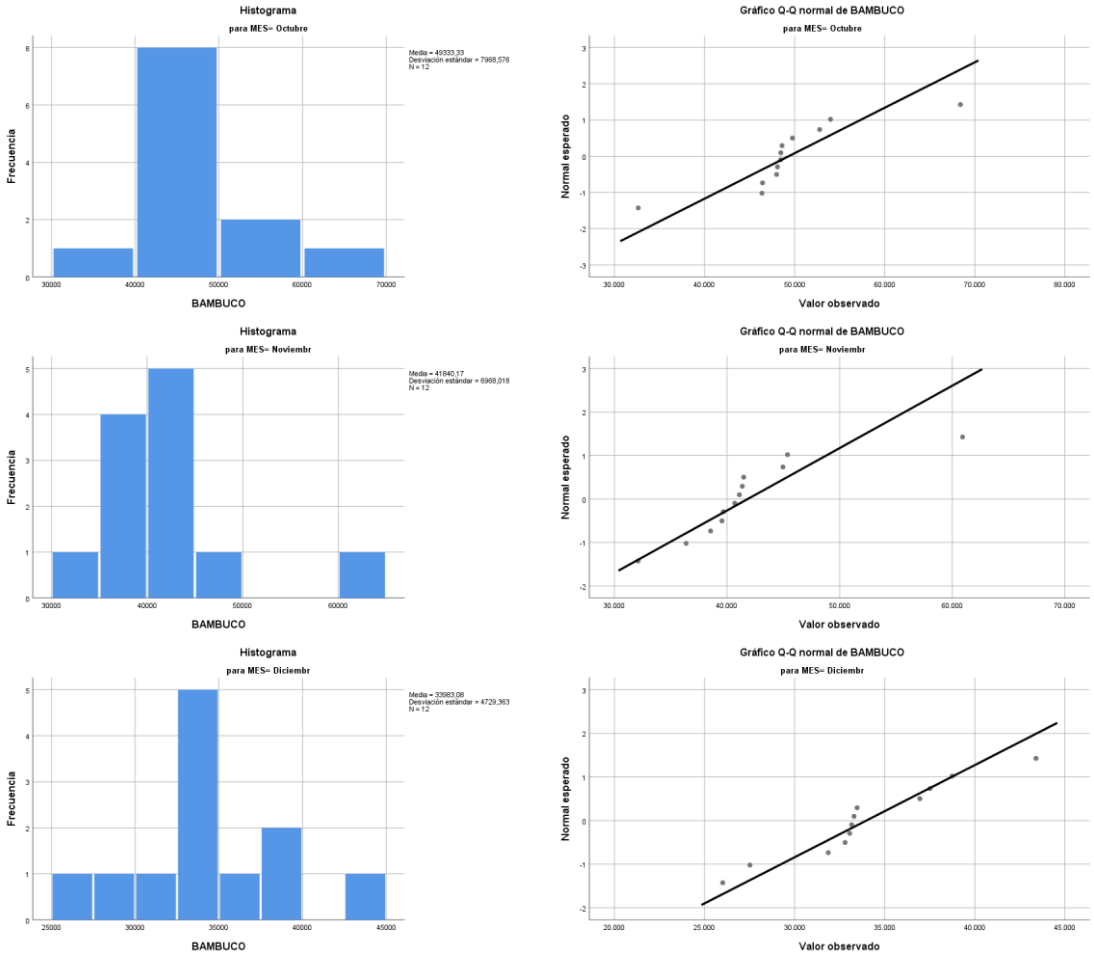

Gráfico Q-Q normal de BAMBUCO
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Agosto
Media = 63181,25
Desviación estándar = 9880,235
N = 12
Frecuencia
BAMBUCO


Gráfico Q-Q normal de BAMBUCO
para MES= Agosto
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Setiembr
Media = 64581,17
Desviación estándar = 10526,558
N = 12
Frecuencia
BAMBUCO


Gráfico Q-Q normal de BAMBUCO
para MES= Setiembr
Normal esperado
Valor observado

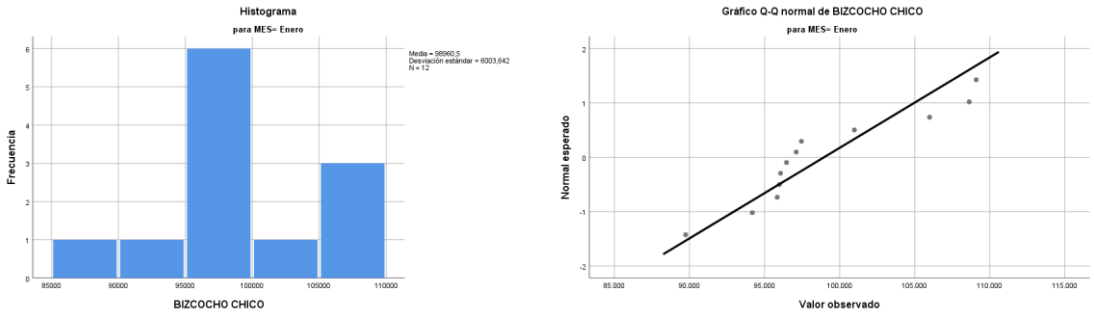


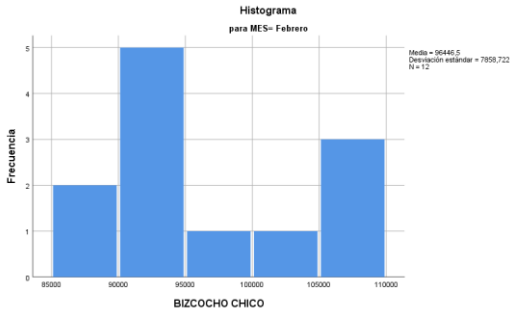
Fuente: Elaboración propia, 2022.

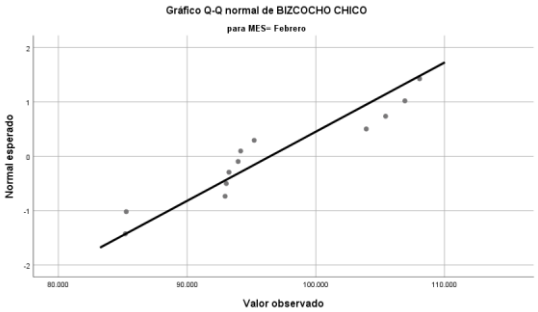
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Bambuco mes por mes.

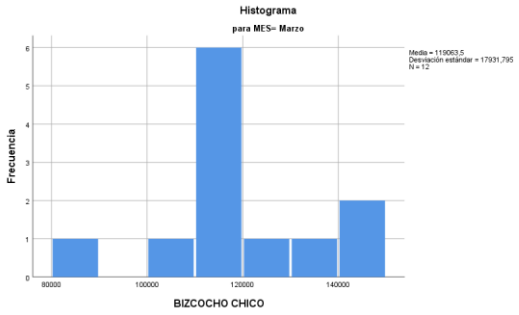
Figura A-2

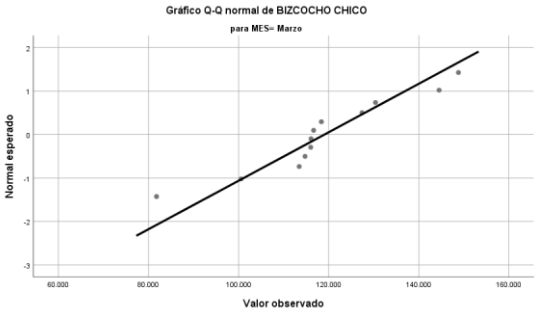
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Bizcocho chico

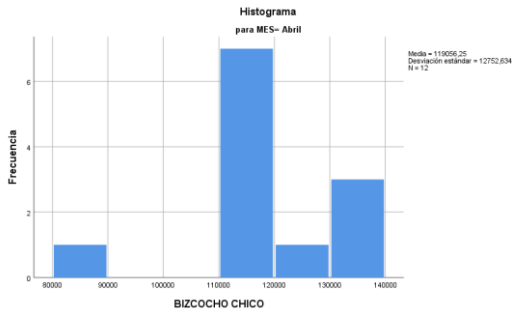


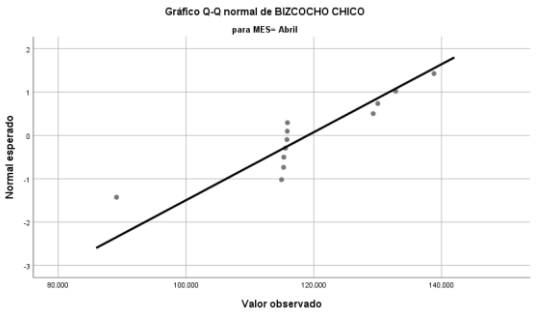

Histograma
para MES= Febrero
Media = 96446,5
Desviación estándar = 7858,722
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO CHICO

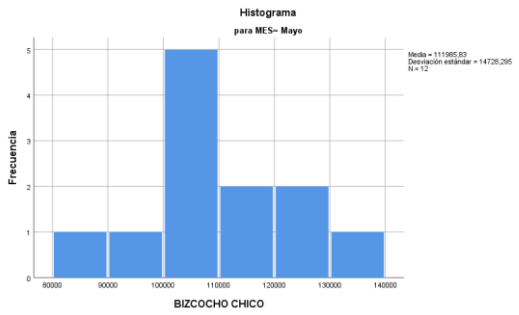

Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO CHICO
para MES= Febrero
Normal esperado
Valor observado

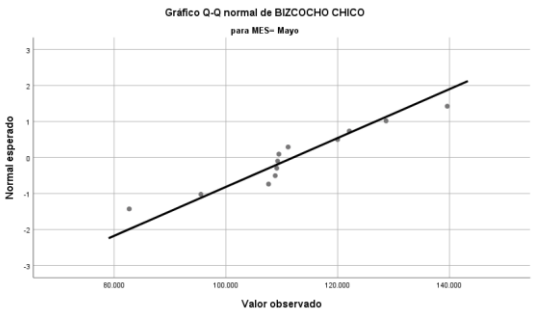

Histograma
para MES= Marzo
Media = 119063,5
Desviación estándar = 17931,795
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO CHICO

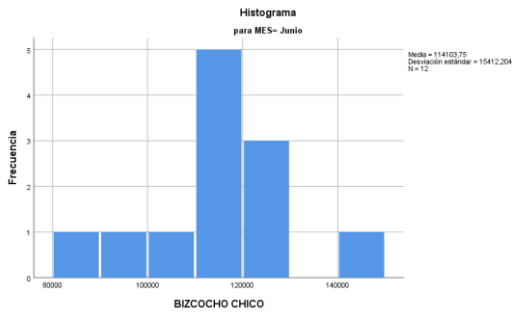

Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO CHICO
para MES= Marzo
Normal esperado
Valor observado

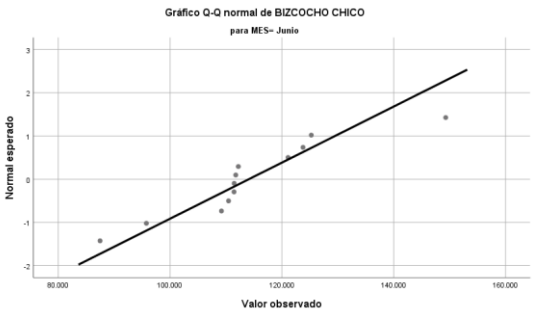

Histograma
para MES= Abril
Media = 119056,25
Desviación estándar = 12752,634
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO CHICO

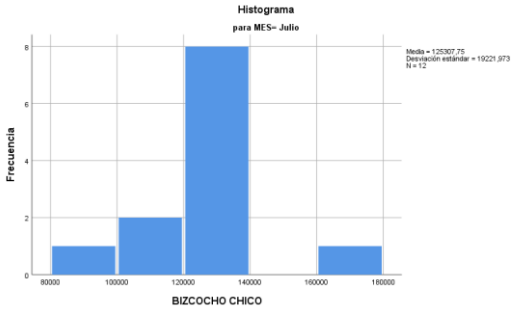

Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO CHICO
para MES= Abril
Normal esperado
Valor observado

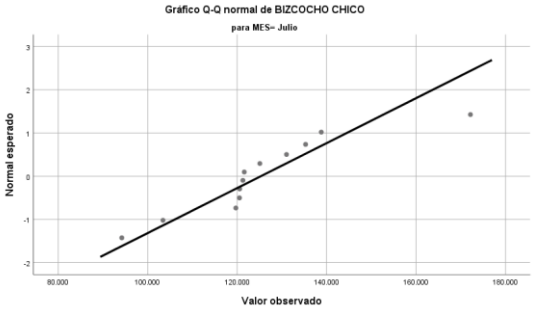

Histograma
para MES= Mayo
Media = 111985,83
Desviación estándar = 14728,295
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO CHICO

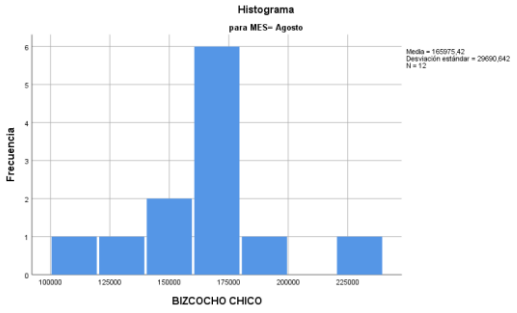

Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO CHICO
para MES= Mayo
Normal esperado
Valor observado

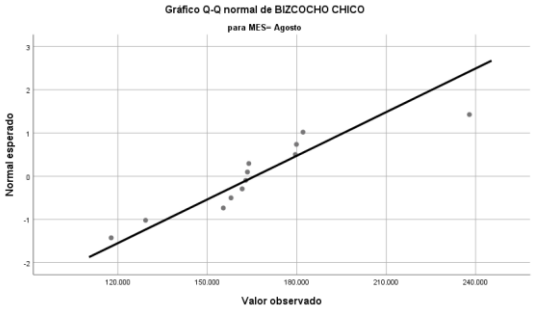

Histograma
para MES= Junio
Media = 114103,75
Desviación estándar = 15412,204
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO CHICO

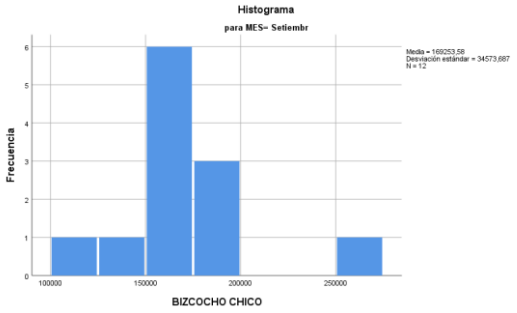

Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO CHICO
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado

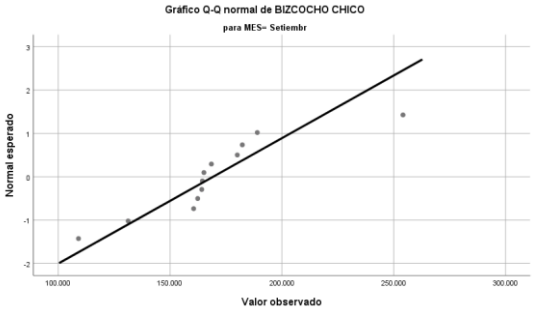

Histograma
para MES= Julio
Media = 125307,75
Desviación estándar = 19221,973
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO CHICO

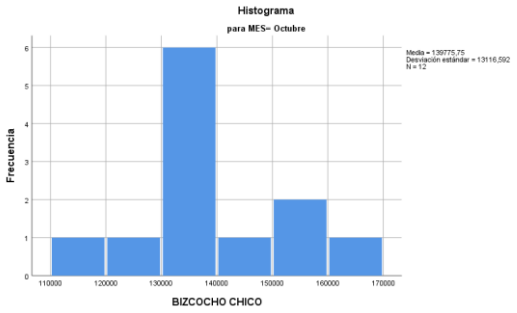

Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO CHICO
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado

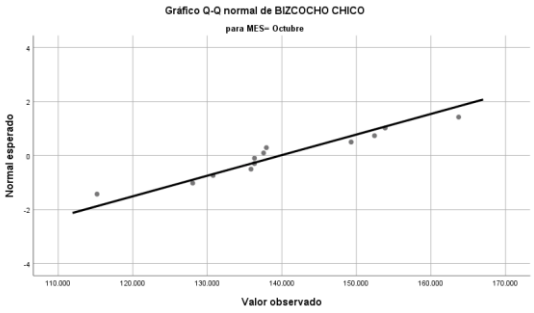

Histograma
para MES= Agosto
Media = 165975,42
Desviación estándar = 29690,642
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO CHICO

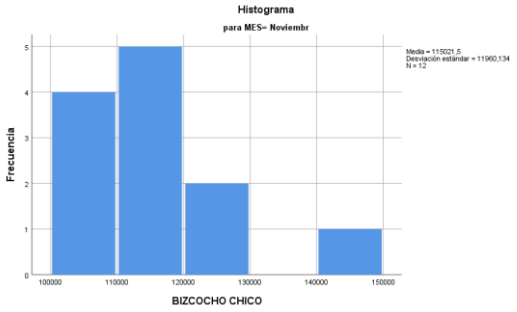

Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO CHICO
para MES= Agosto
Normal esperado
Valor observado

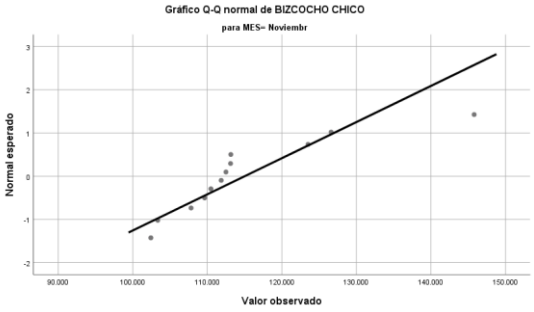

Histograma
para MES= Setiembr
Media = 169253,58
Desviación estándar = 34573,687
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO CHICO

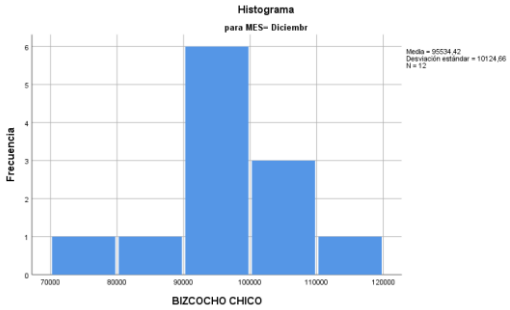

Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO CHICO
para MES= Setiembr
Normal esperado
Valor observado

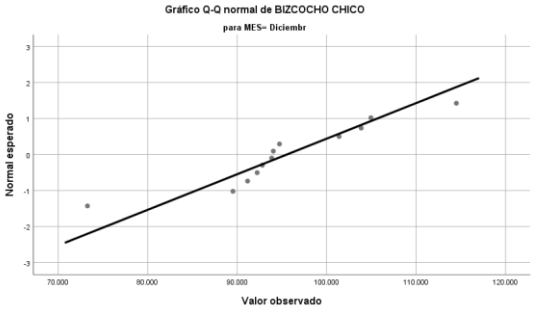

Histograma
para MES= Octubre
Media = 139775,75
Desviación estándar = 13116,592
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO CHICO


Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO CHICO
para MES= Octubre
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Noviembr
Media = 115021,5
Desviación estándar = 11960,134
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO CHICO


Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO CHICO
para MES= Noviembr
Normal esperado
Valor observado



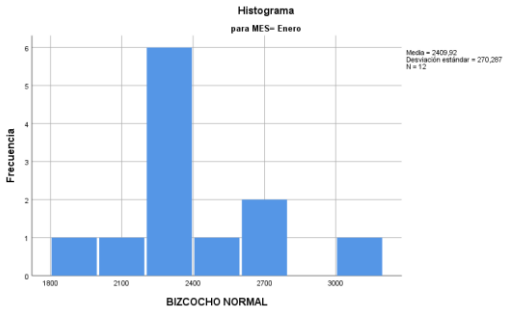


Fuente: Elaboración propia, 2022.

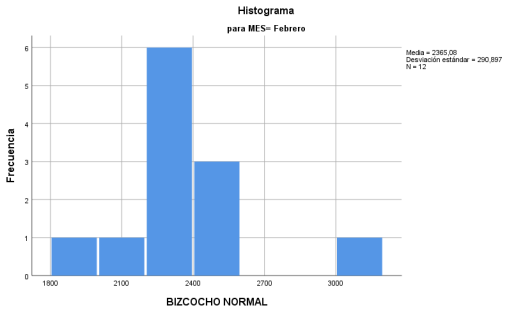
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Bizcocho chico mes por mes.

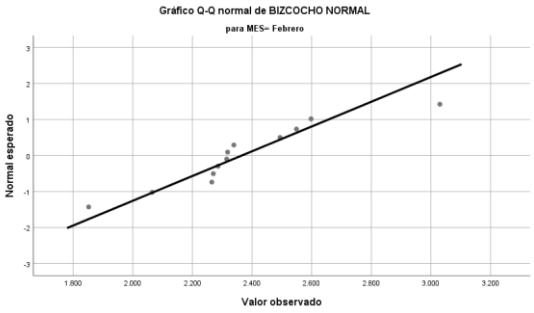
Figura A-3

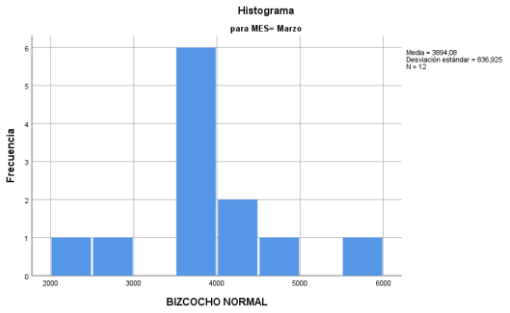
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Bizcocho normal

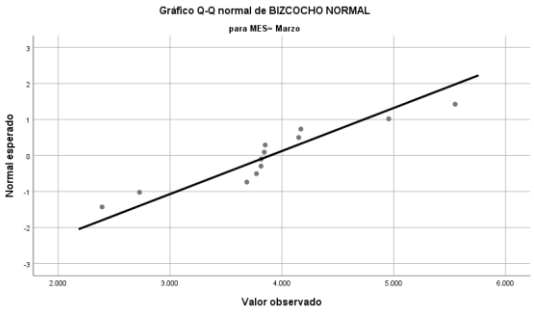


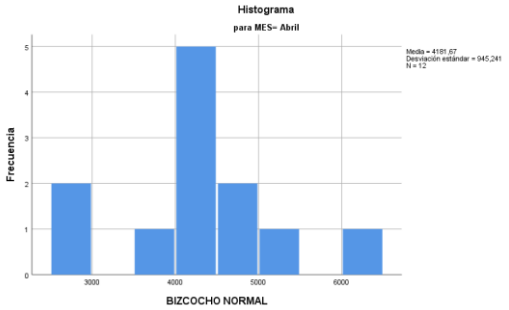


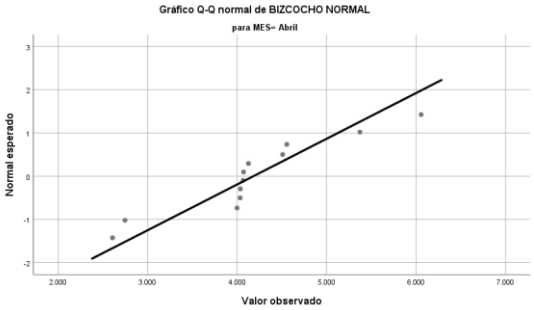


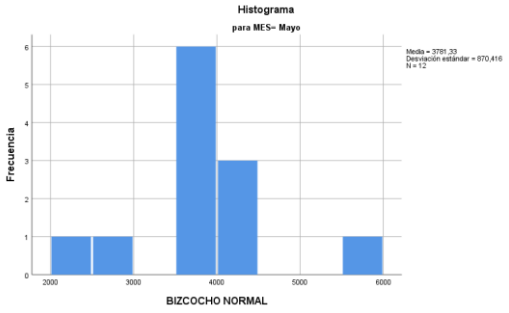


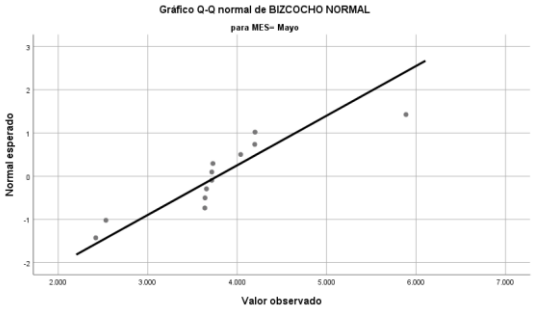


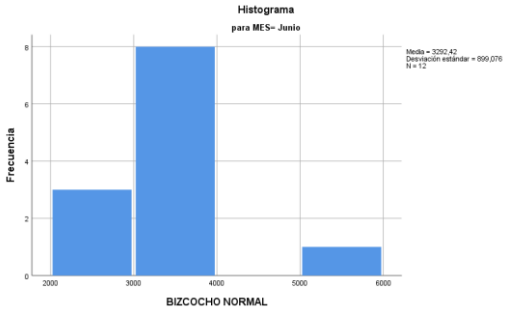


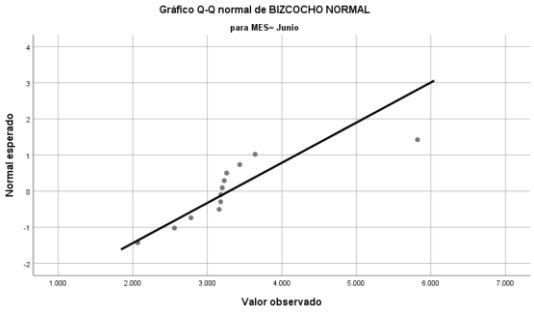

Histograma
para MES= Abril
Media = 4181,67
Desviación estándar = 945,241
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO NORMAL


Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO NORMAL
para MES= Abril
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Mayo
Media = 3781,33
Desviación estándar = 870,416
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO NORMAL


Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO NORMAL
para MES= Mayo
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Junio
Media = 3292,42
Desviación estándar = 899,076
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO NORMAL


Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO NORMAL
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado

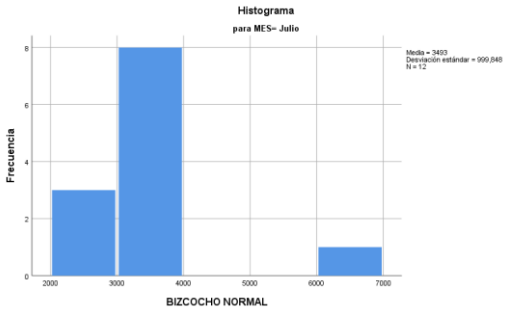
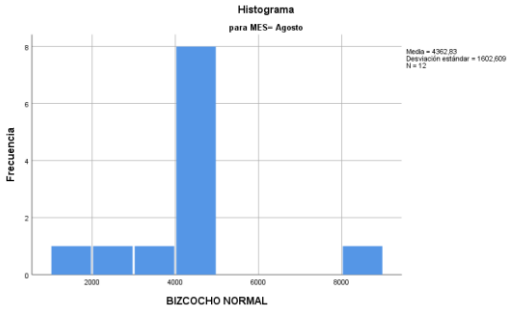
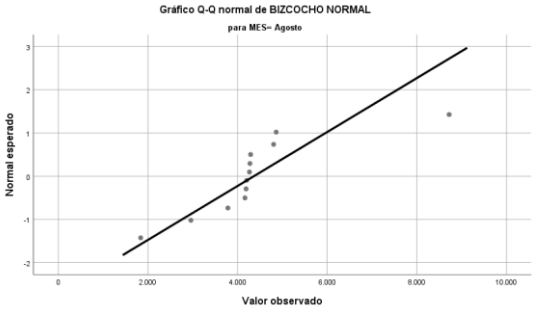
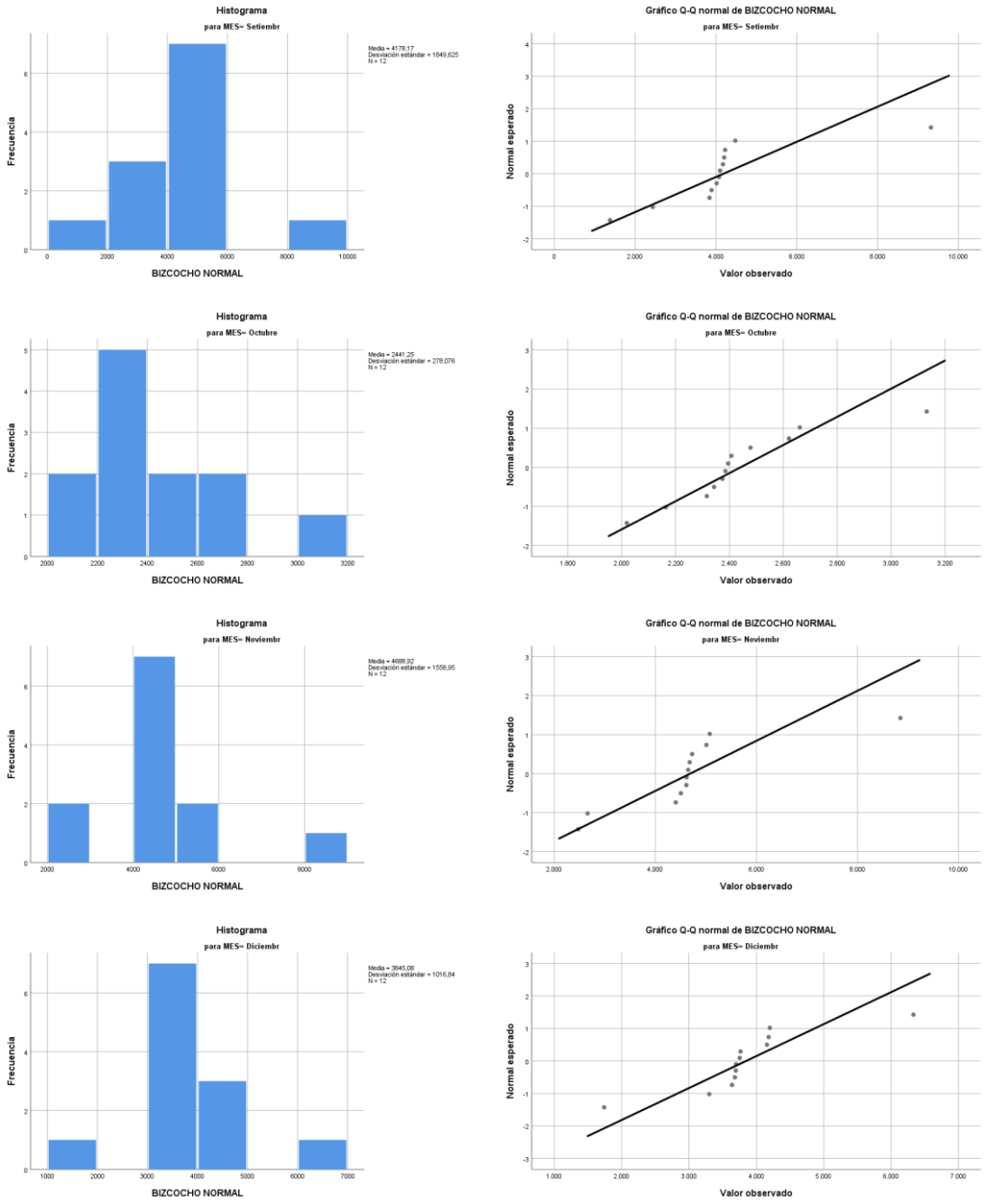

Histograma
para MES= Julio
Media = 3493
Desviación estándar = 999,848
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO NORMAL


Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO NORMAL
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Agosto
Media = 4362,83
Desviación estándar = 1602,609
N = 12
Frecuencia
BIZCOCHO NORMAL


Gráfico Q-Q normal de BIZCOCHO NORMAL
para MES= Agosto
Normal esperado
Valor observado

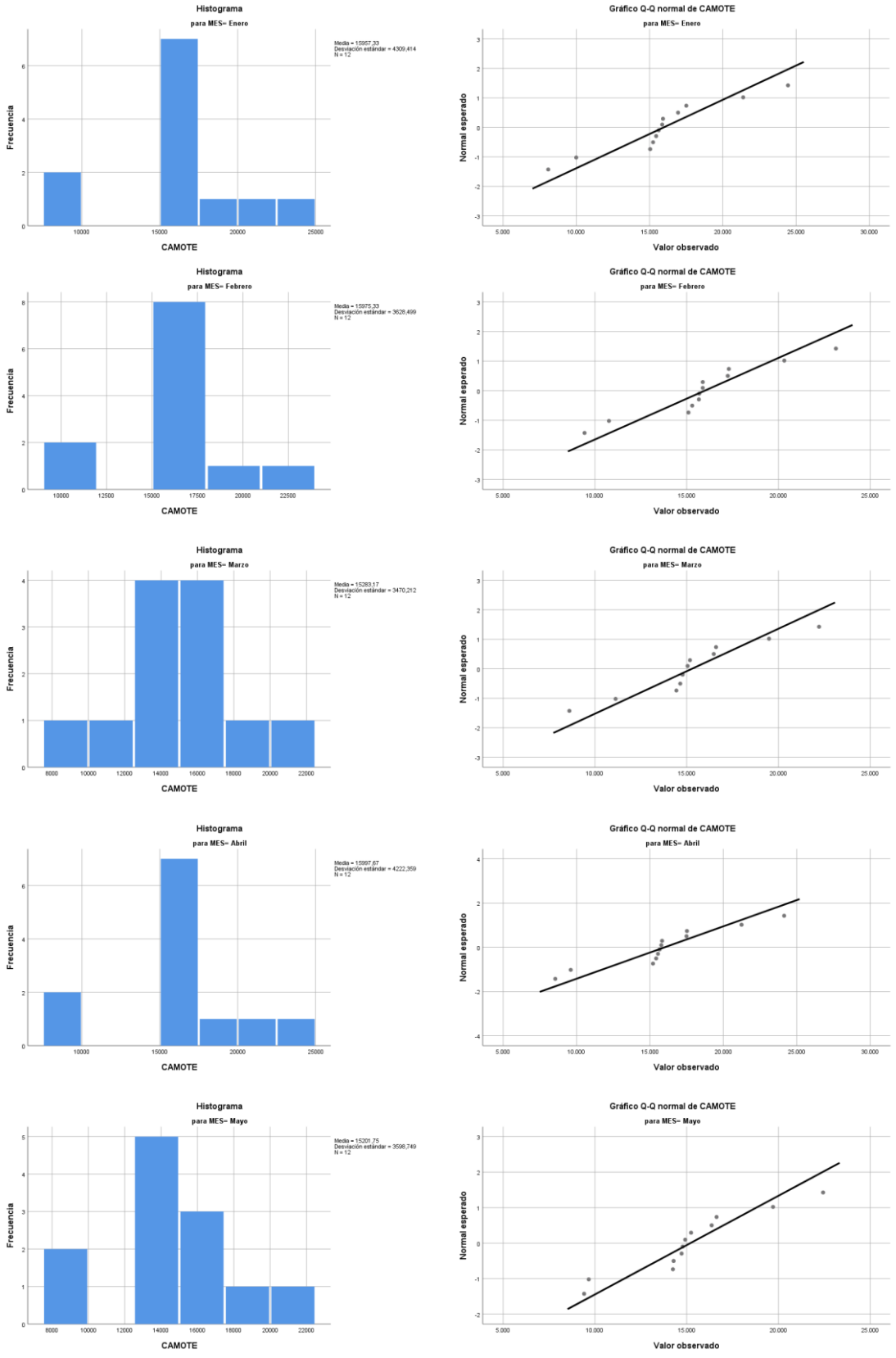


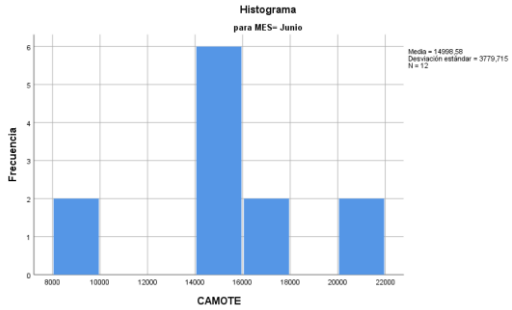
Fuente: Elaboración propia, 2022.

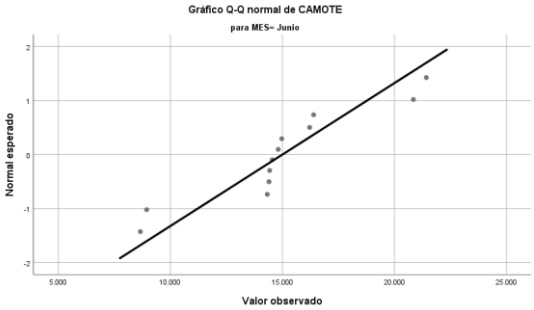
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Bizcocho normal mes por mes.

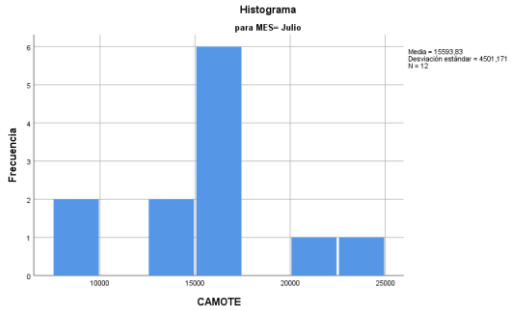
Figura A-4

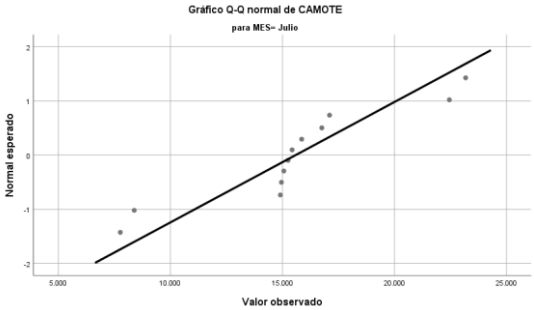
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Camote

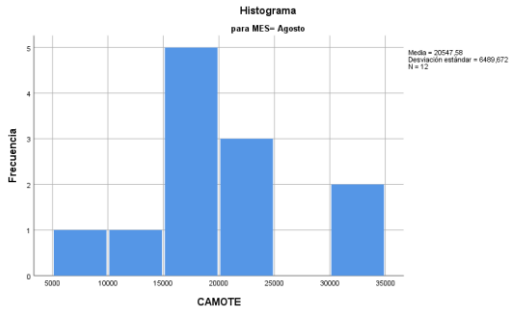


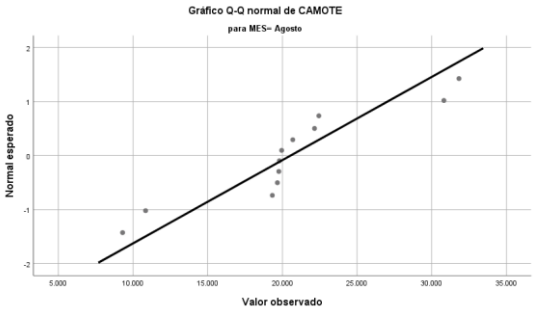

Histograma
para MES= Junio
Media = 14998,58
Desviación estándar = 3779,715
N = 12
Frecuencia
CAMOTE

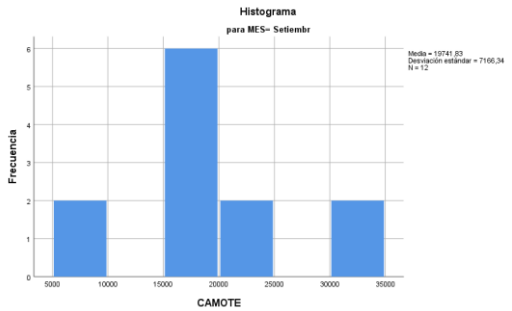

Gráfico Q-Q normal de CAMOTE
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado

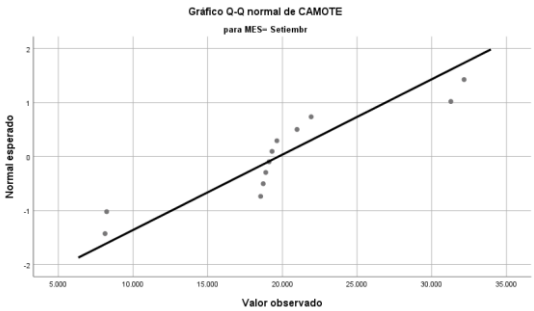

Histograma
para MES= Julio
Media = 15593,83
Desviación estándar = 4501,171
N = 12
Frecuencia
CAMOTE

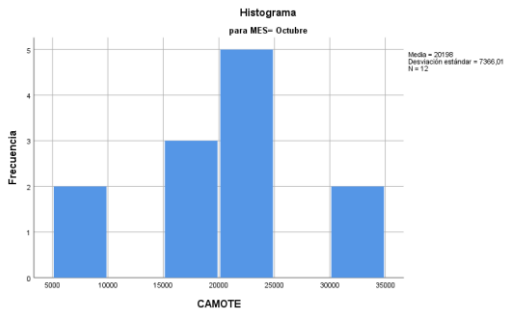

Gráfico Q-Q normal de CAMOTE
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado

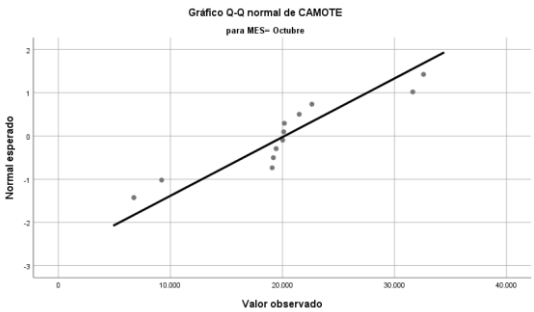

Histograma
para MES= Agosto
Media = 20547,58
Desviación estándar = 6489,672
N = 12
Frecuencia
CAMOTE

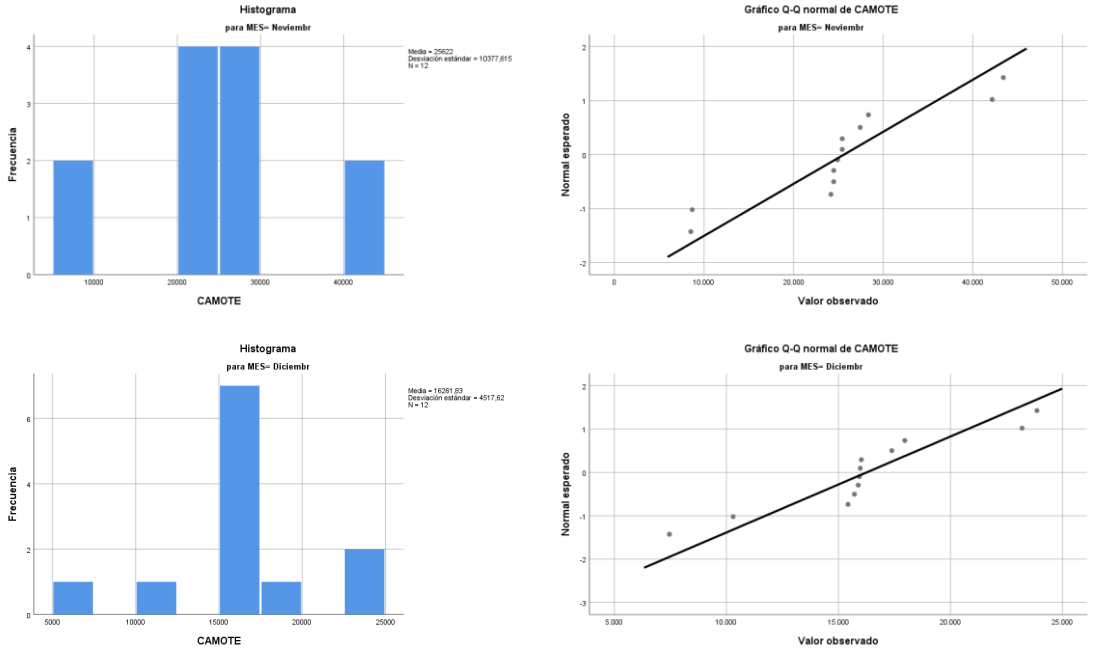

Gráfico Q-Q normal de CAMOTE
para MES= Agosto
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Setiembr
Media = 19741,83
Desviación estándar = 7166,34
N = 12
Frecuencia
CAMOTE


Gráfico Q-Q normal de CAMOTE
para MES= Setiembr
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Octubre
Media = 20198
Desviación estándar = 7366,01
N = 12
Frecuencia
CAMOTE


Gráfico Q-Q normal de CAMOTE
para MES= Octubre
Normal esperado
Valor observado

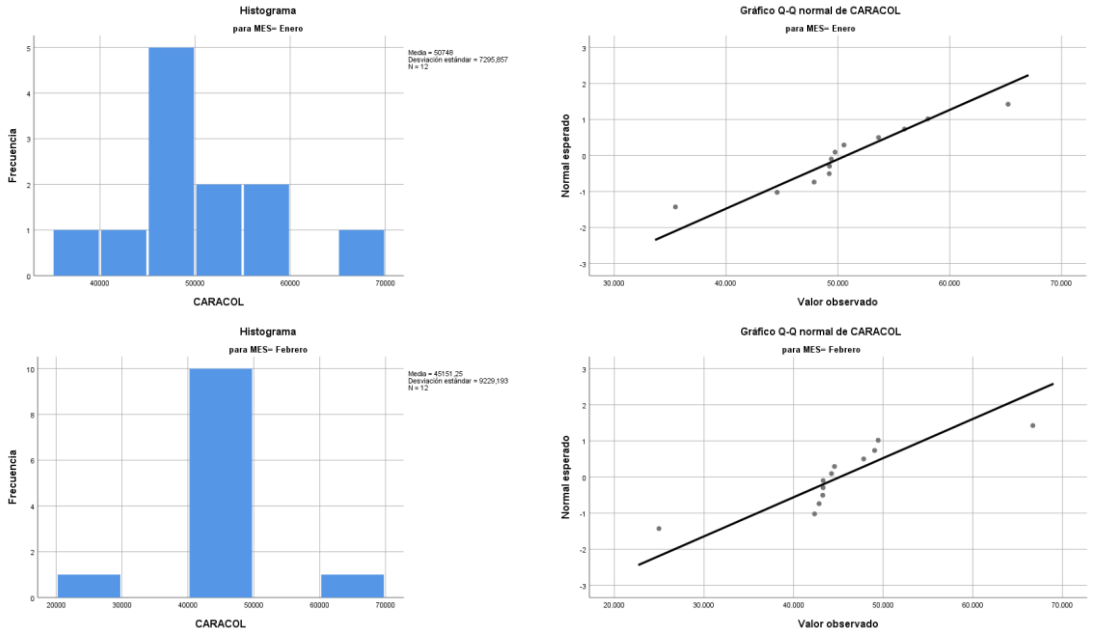


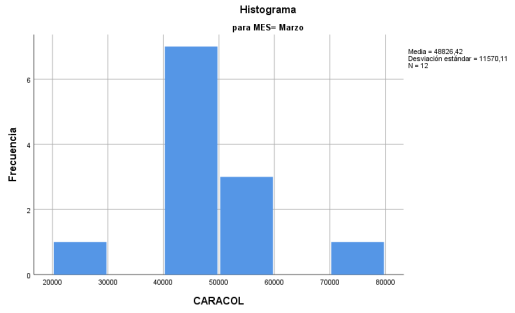
Fuente: Elaboración propia, 2022.

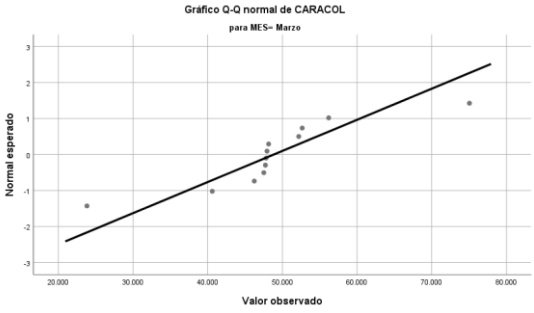
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Camote mes por mes.

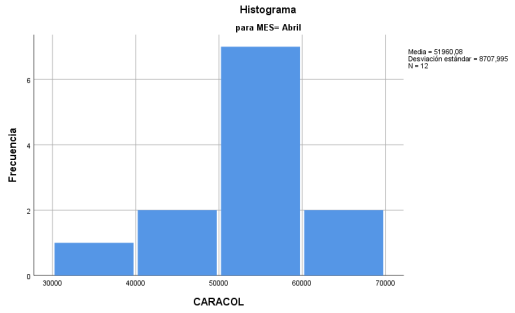
Figura A-5

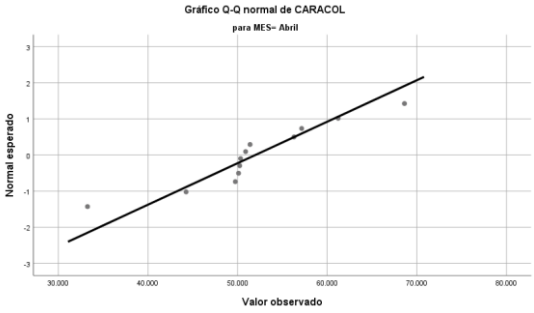
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Caracol

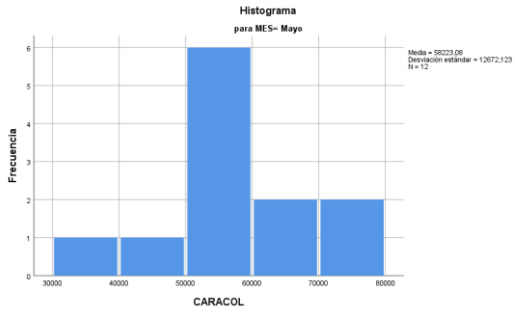


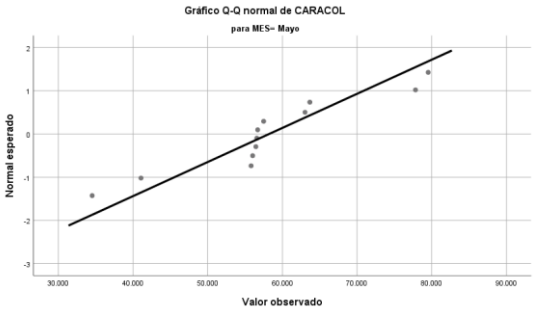

Histograma
para MES= Marzo
Media = 48826,42
Desviación estándar = 11570,11
N = 12
Frecuencia
CARACOL

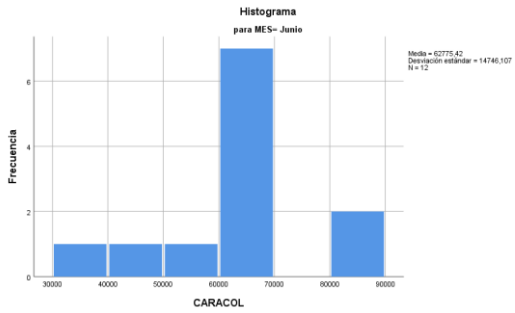

Gráfico Q-Q normal de CARACOL
para MES= Marzo
Normal esperado
Valor observado

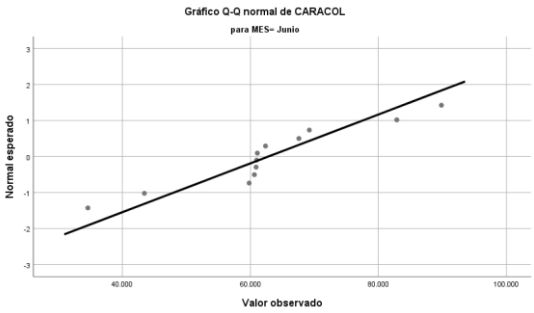

Histograma
para MES= Abril
Media = 51960,08
Desviación estándar = 8707,995
N = 12
Frecuencia
CARACOL

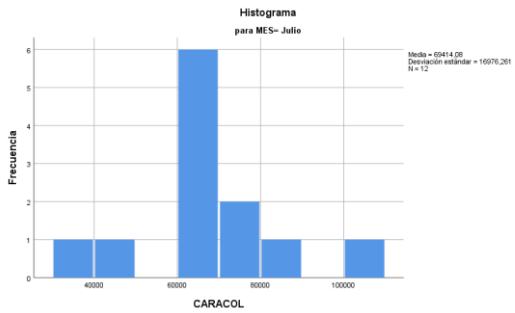

Gráfico Q-Q normal de CARACOL
para MES= Abril
Normal esperado
Valor observado

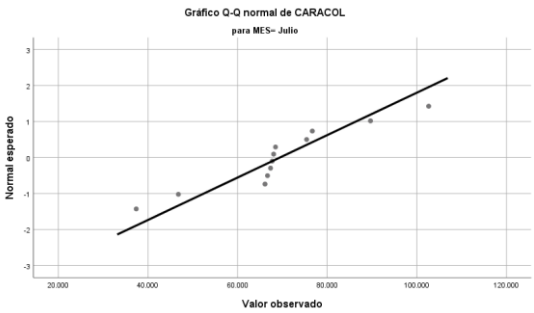

Histograma
para MES= Mayo
Media = 58223,08
Desviación estándar = 12672,123
N = 12
Frecuencia
CARACOL

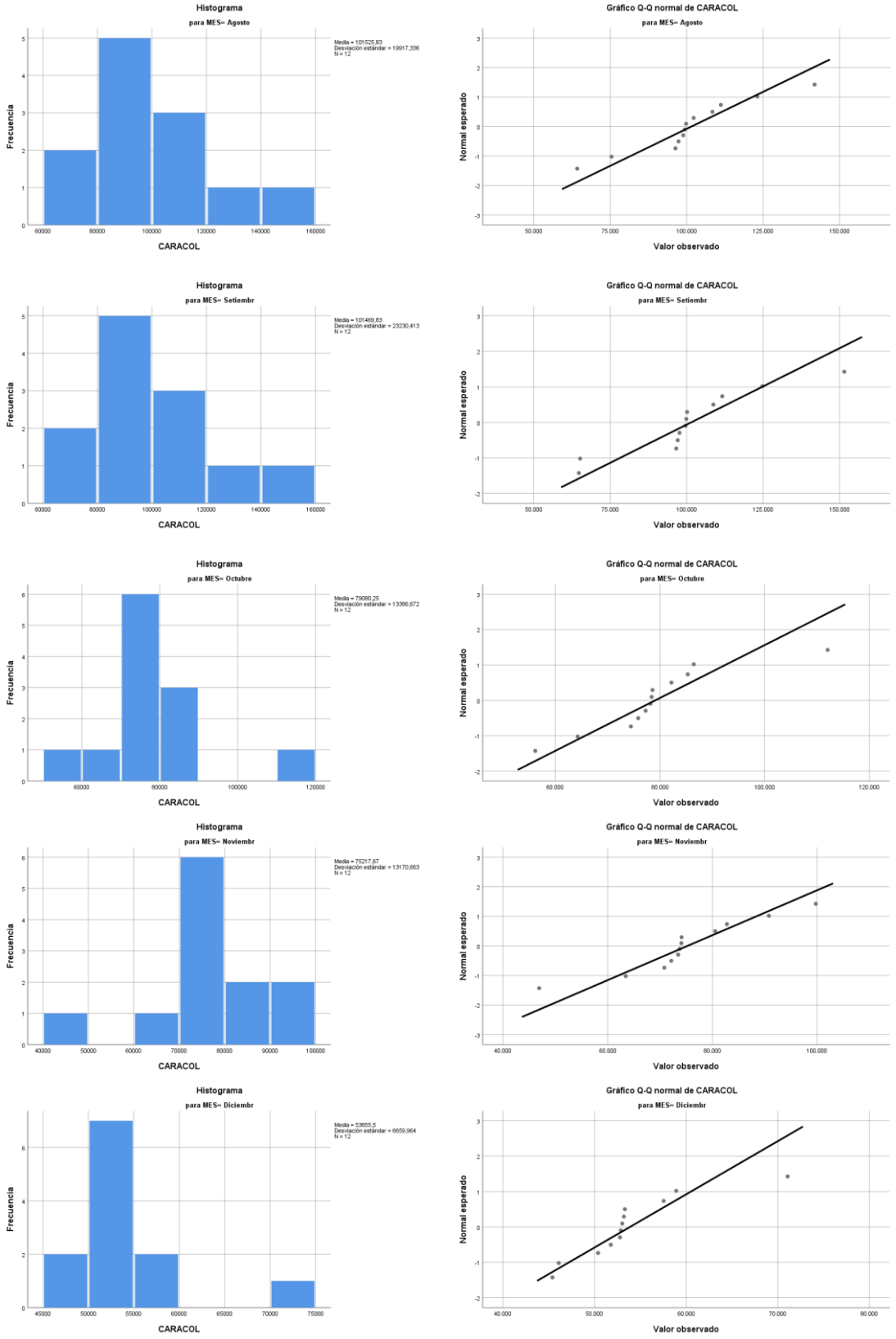

Gráfico Q-Q normal de CARACOL
para MES= Mayo
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Junio
Media = 62775,42
Desviación estándar = 14746,107
N = 12
Frecuencia
CARACOL


Gráfico Q-Q normal de CARACOL
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Julio
Media = 69414,08
Desviación estándar = 16976,261
N = 12
Frecuencia
CARACOL


Gráfico Q-Q normal de CARACOL
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado

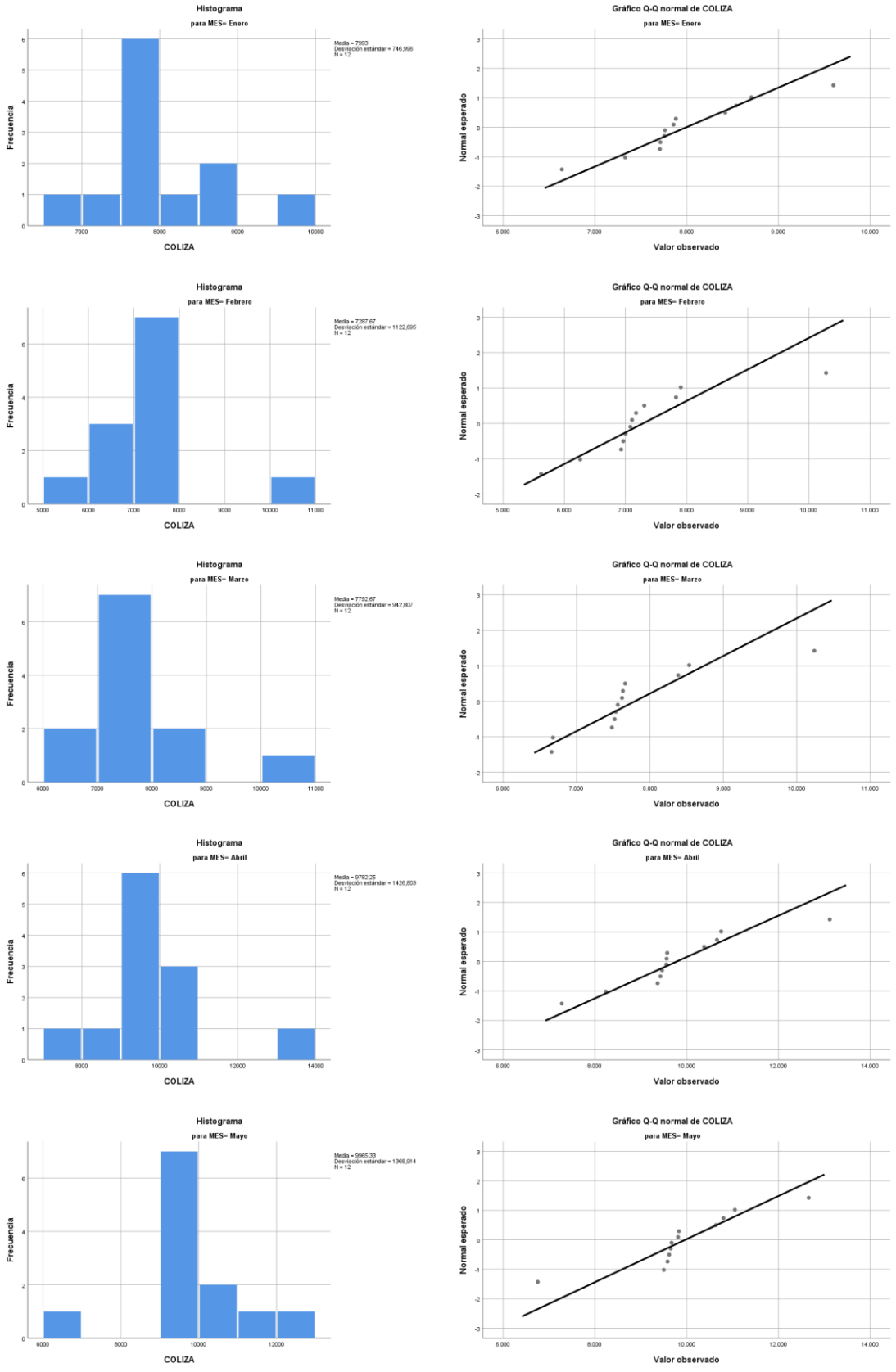


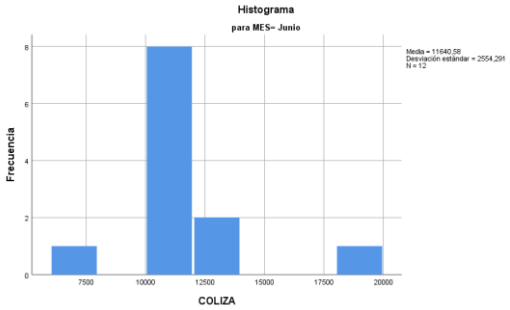
Fuente: Elaboración propia, 2022.

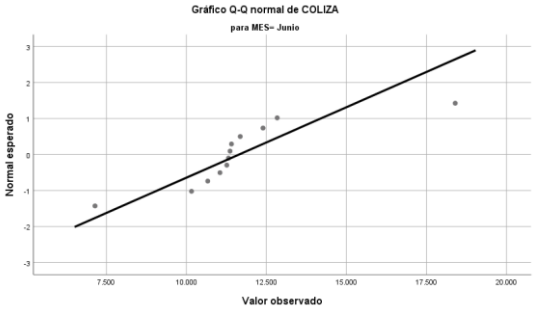
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Caracol mes por mes.

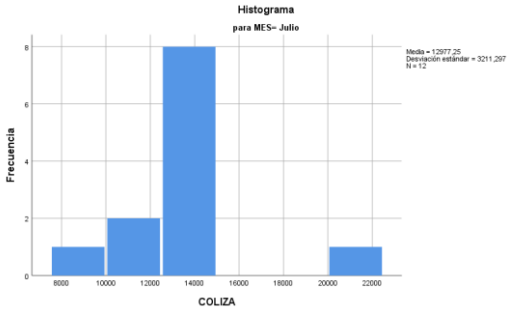
Figura A-6

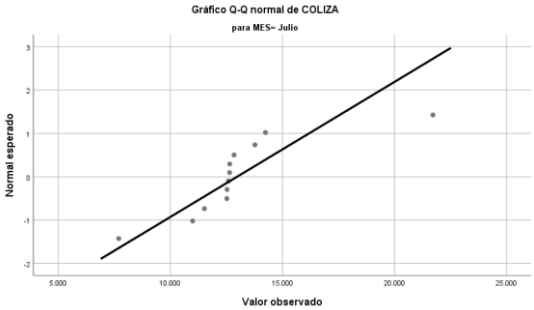
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Coliza

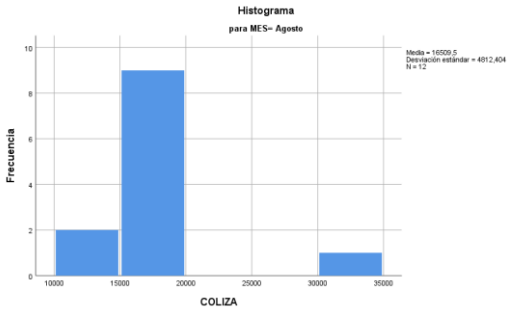


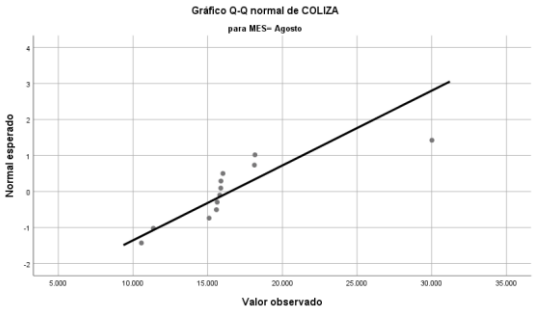

Histograma
para MES= Junio
Media = 11640,58
Desviación estándar = 2554,291
N = 12
Frecuencia
COLIZA

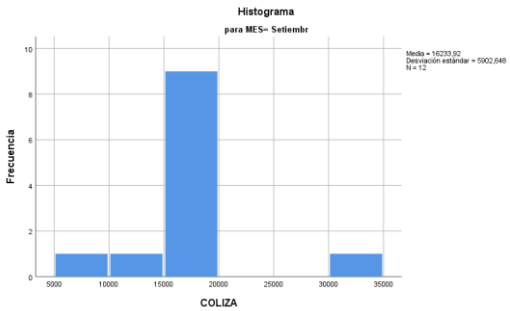

Gráfico Q-Q normal de COLIZA
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado

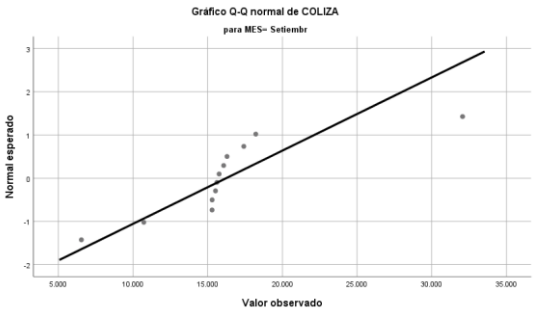

Histograma
para MES= Julio
Media = 12977,25
Desviación estándar = 3211,297
N = 12
Frecuencia
COLIZA

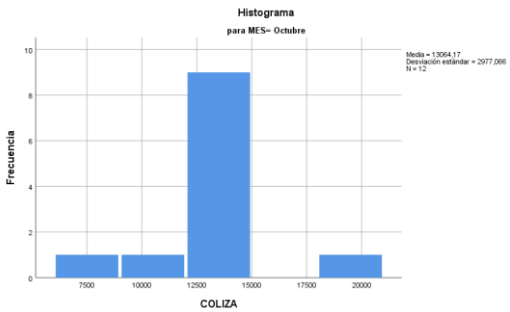

Gráfico Q-Q normal de COLIZA
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado

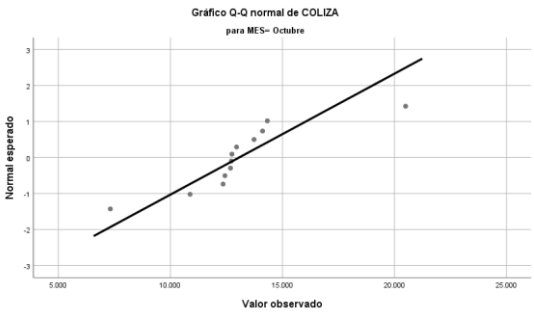

Histograma
para MES= Agosto
Media = 16509,5
Desviación estándar = 4812,404
N = 12
Frecuencia
COLIZA

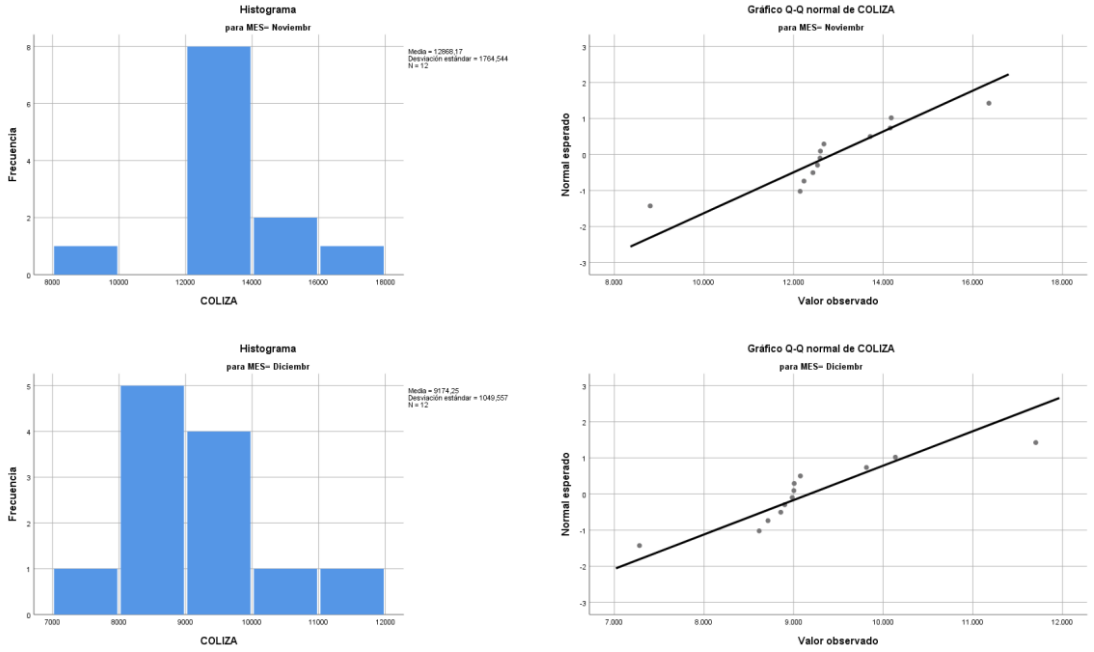

Gráfico Q-Q normal de COLIZA
para MES= Agosto
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Setiembr
Media = 16233,92
Desviación estándar = 5902,648
N = 12
Frecuencia
COLIZA


Gráfico Q-Q normal de COLIZA
para MES= Setiembr
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Octubre
Media = 13064,17
Desviación estándar = 2977,066
N = 12
Frecuencia
COLIZA


Gráfico Q-Q normal de COLIZA
para MES= Octubre
Normal esperado
Valor observado

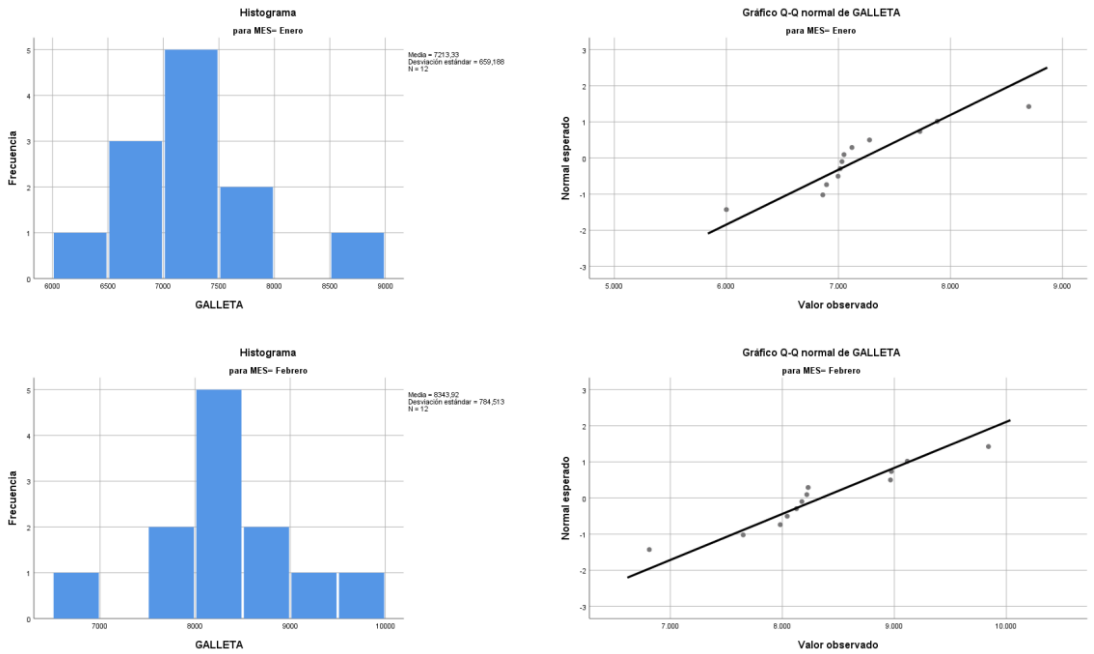


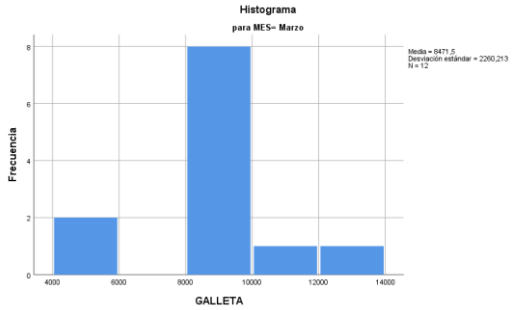
Fuente: Elaboración propia, 2022.

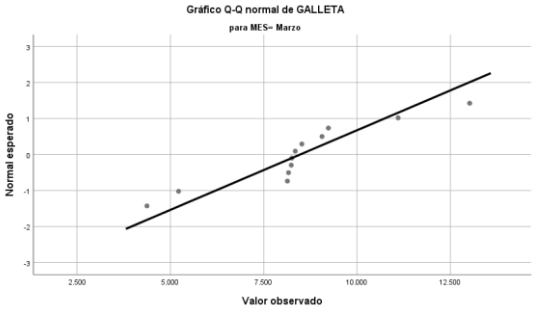
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Coliza mes por mes.

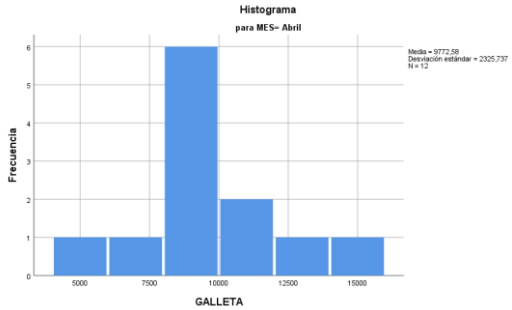
Figura A-7

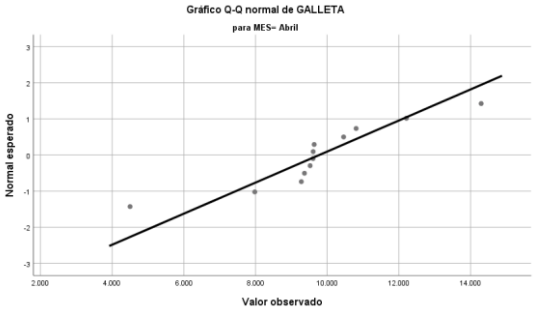
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Galleta

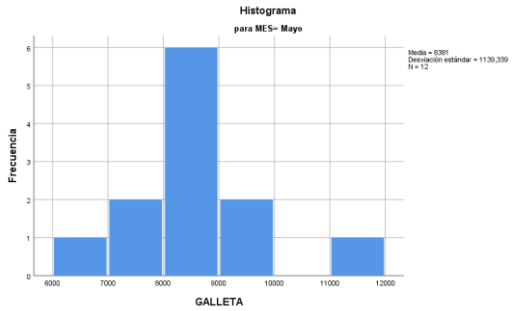


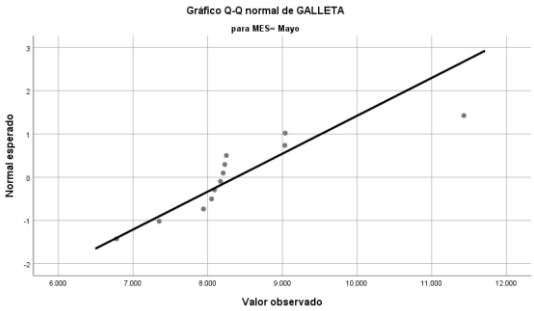

Histograma
para MES= Marzo
Media = 8471,5
Desviación estándar = 2260,213
N = 12
Frecuencia
GALLETA

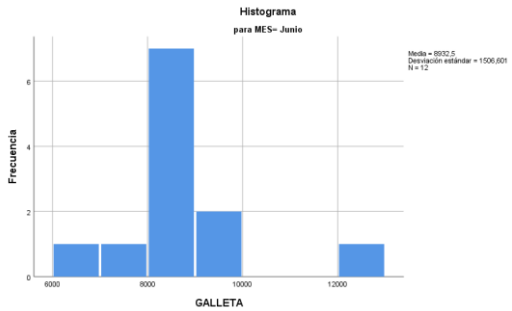

Gráfico Q-Q normal de GALLETA
para MES= Marzo
Normal esperado
Valor observado

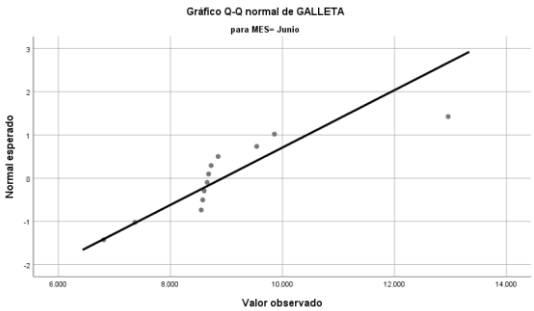

Histograma
para MES= Abril
Media = 9772,58
Desviación estándar = 2325,737
N = 12
Frecuencia
GALLETA

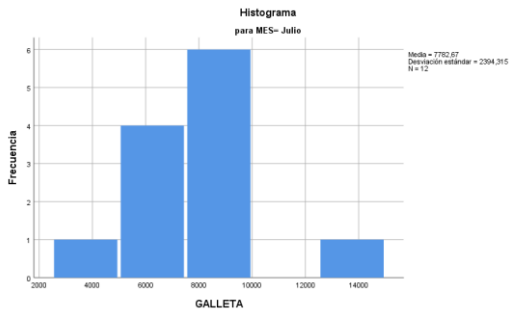

Gráfico Q-Q normal de GALLETA
para MES= Abril
Normal esperado
Valor observado

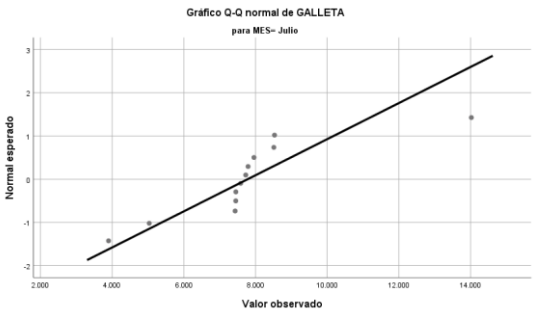

Histograma
para MES= Mayo
Media = 8391
Desviación estándar = 1139,339
N = 12
Frecuencia
GALLETA

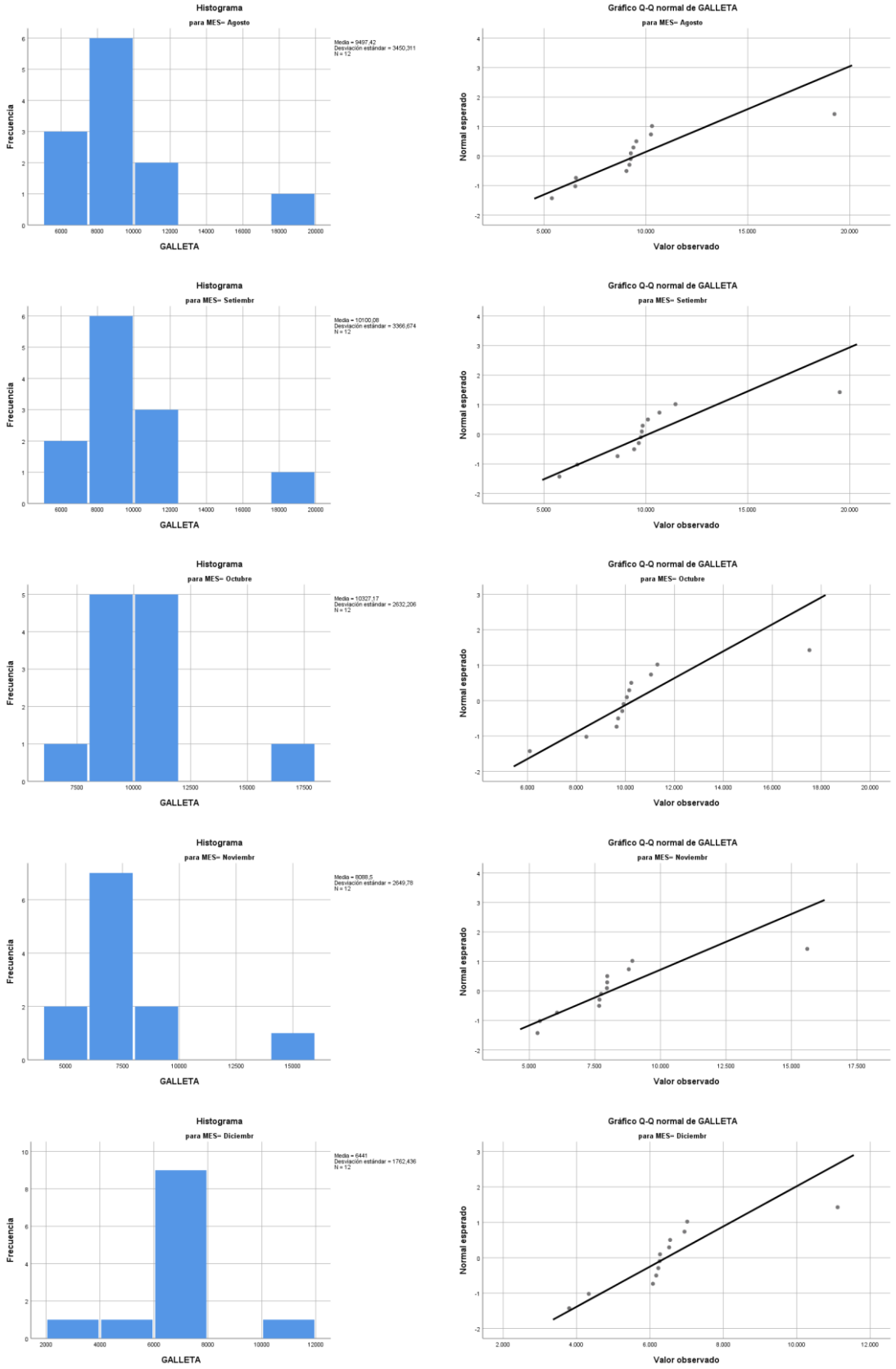

Gráfico Q-Q normal de GALLETA
para MES= Mayo
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Junio
Media = 8932,5
Desviación estándar = 1506,601
N = 12
Frecuencia
GALLETA


Gráfico Q-Q normal de GALLETA
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Julio
Media = 7782,67
Desviación estándar = 2394,315
N = 12
Frecuencia
GALLETA


Gráfico Q-Q normal de GALLETA
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado

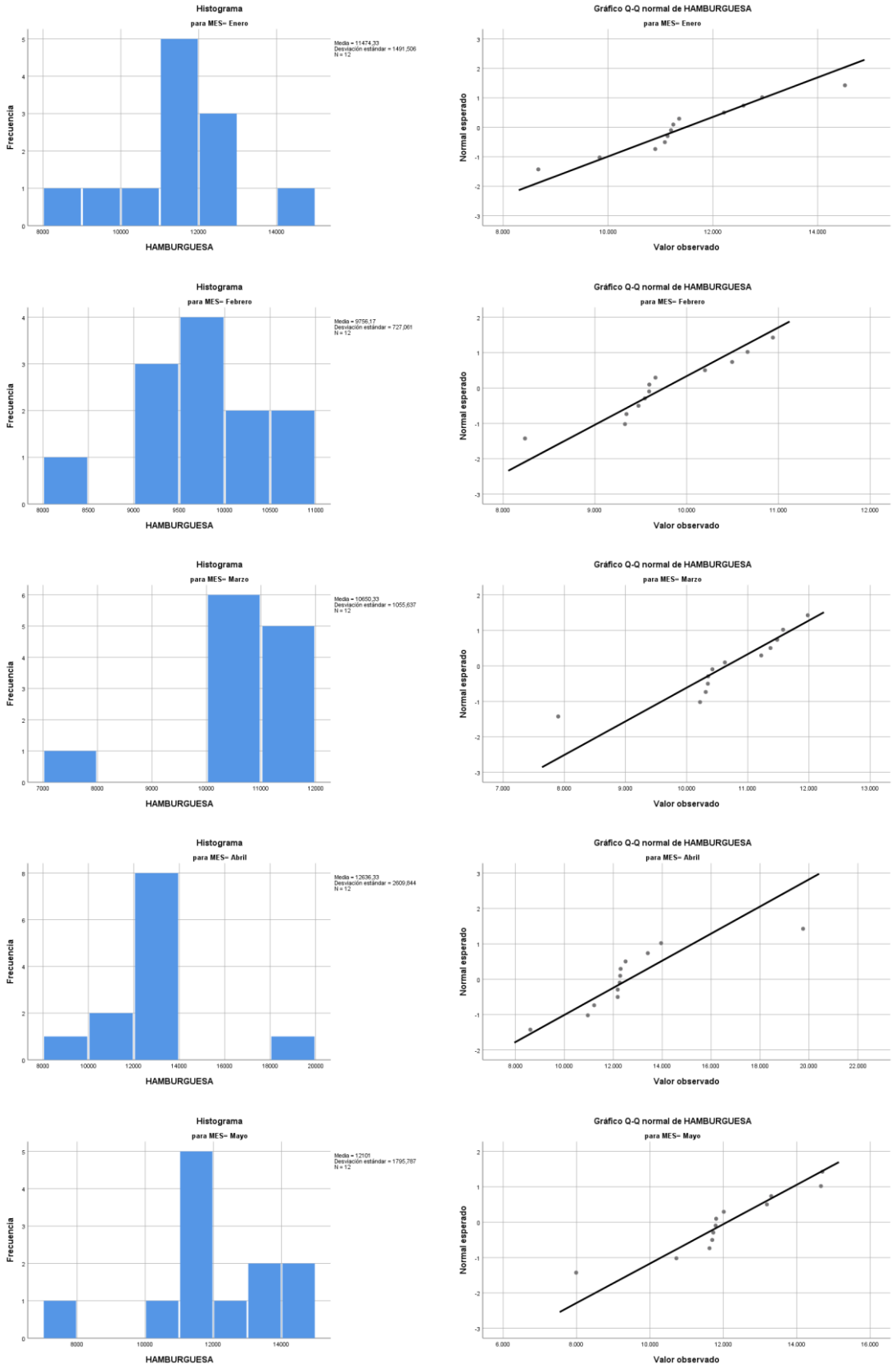


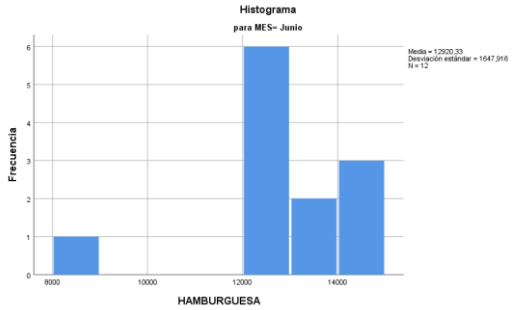
Fuente: Elaboración propia, 2022.

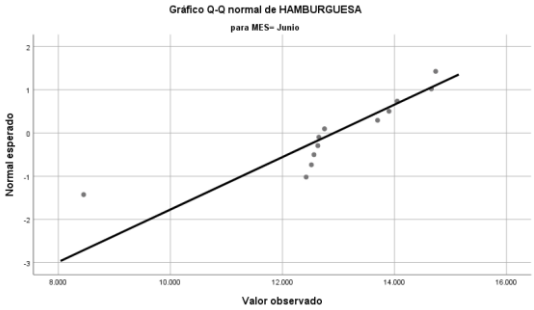
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Galleta mes por mes.

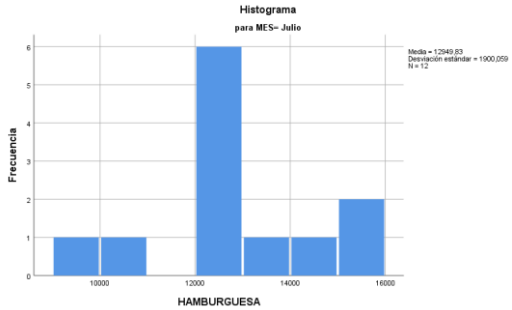
Figura A-8

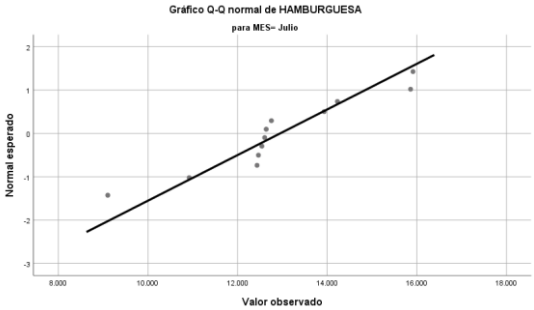
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Hamburguesa

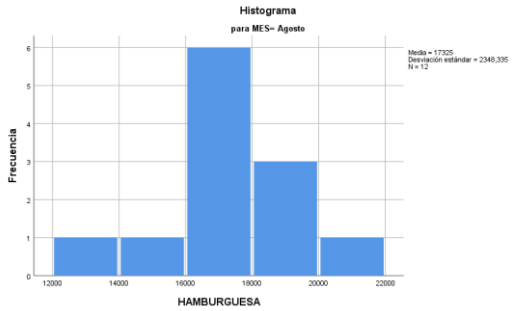


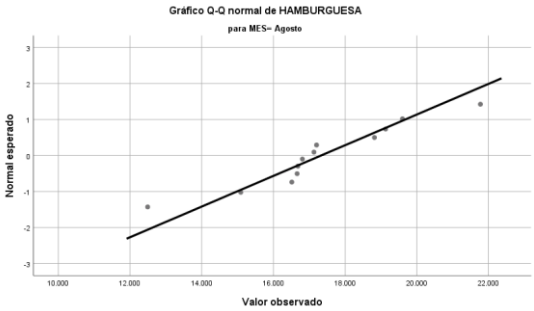

Histograma
para MES= Junio
Media = 12920,33
Desviación estándar = 1647,916
N = 12
Frecuencia
HAMBURGUESA

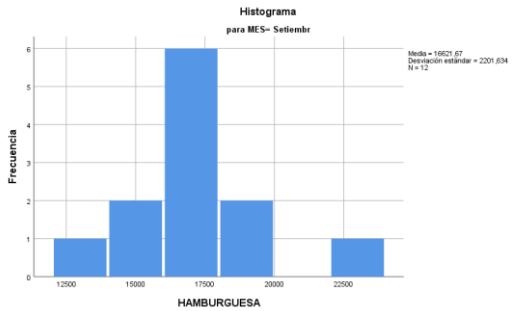

Gráfico Q-Q normal de HAMBURGUESA
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado

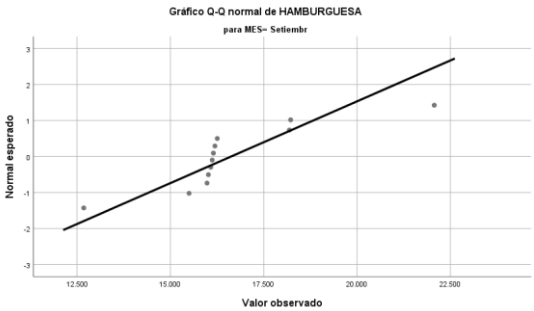

Histograma
para MES= Julio
Media = 12949,83
Desviación estándar = 1900,059
N = 12
Frecuencia
HAMBURGUESA

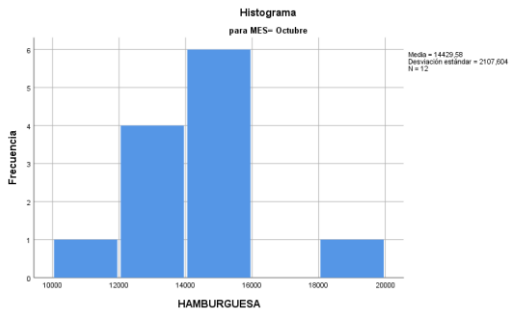

Gráfico Q-Q normal de HAMBURGUESA
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado

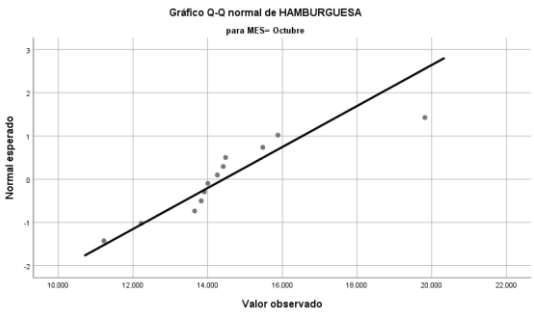

Histograma
para MES= Agosto
Media = 17325
Desviación estándar = 2348,335
N = 12
Frecuencia
HAMBURGUESA

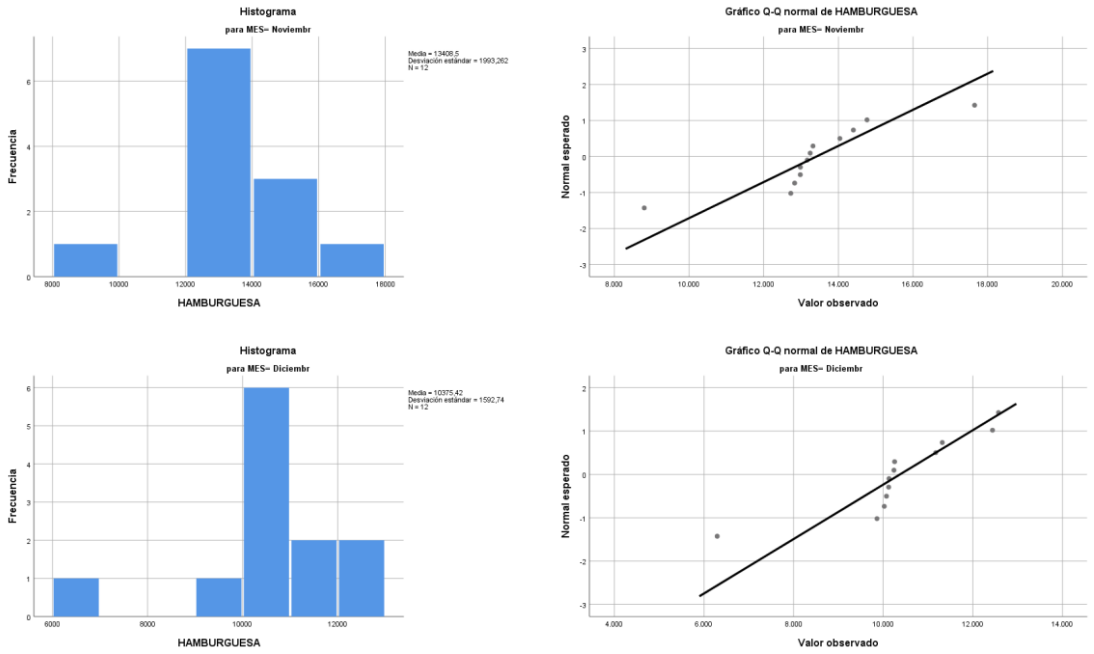

Gráfico Q-Q normal de HAMBURGUESA
para MES= Agosto
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Setiembr
Media = 16621,67
Desviación estándar = 2201,634
N = 12
Frecuencia
HAMBURGUESA


Gráfico Q-Q normal de HAMBURGUESA
para MES= Setiembr
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Octubre
Media = 14429,58
Desviación estándar = 2107,604
N = 12
Frecuencia
HAMBURGUESA


Gráfico Q-Q normal de HAMBURGUESA
para MES= Octubre
Normal esperado
Valor observado

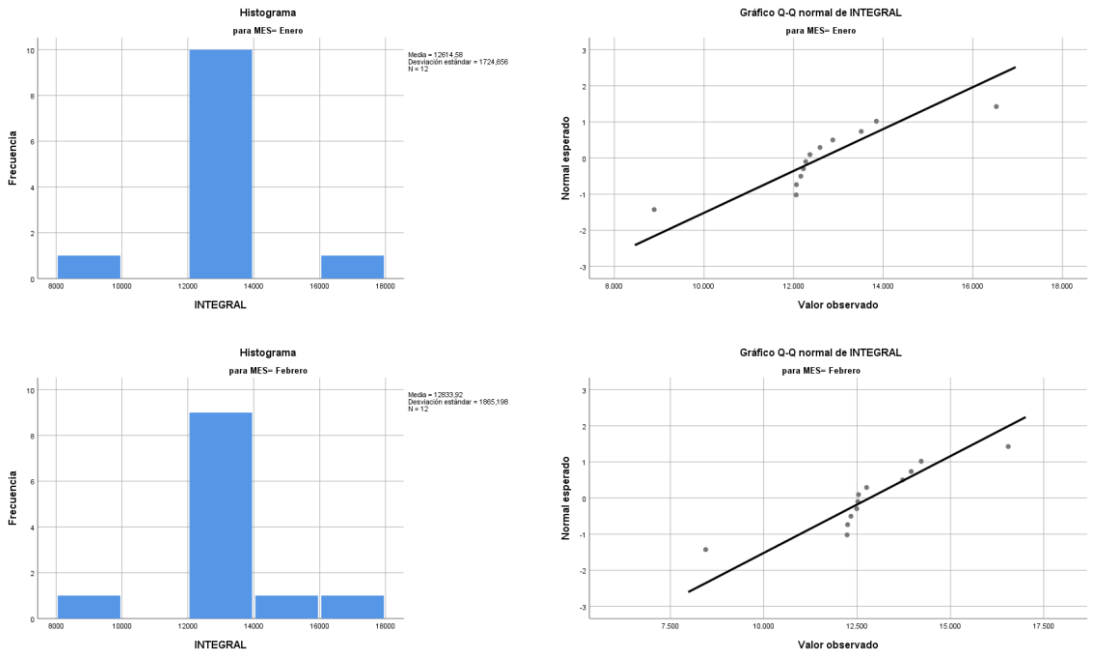


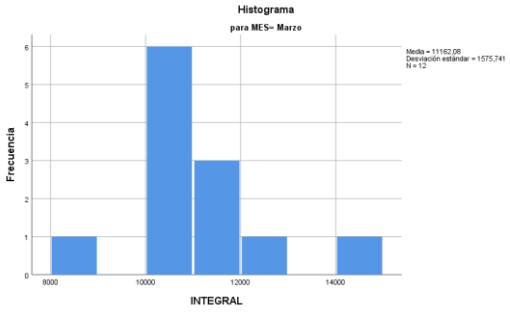
Fuente: Elaboración propia, 2022.

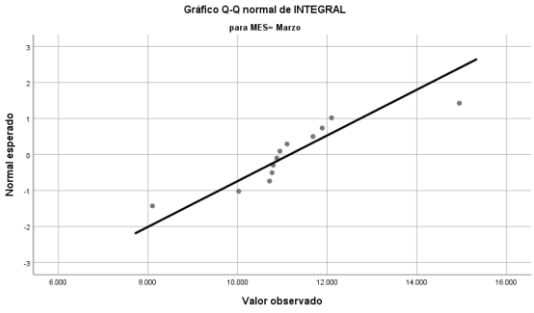
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Hamburguesa mes por mes.

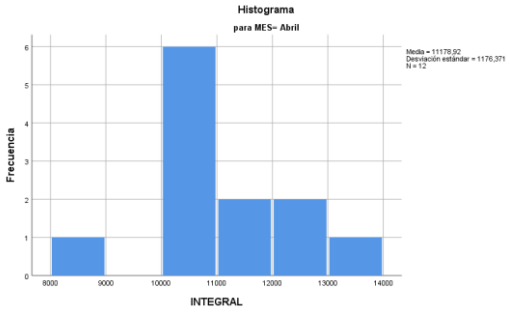
Figura A-9

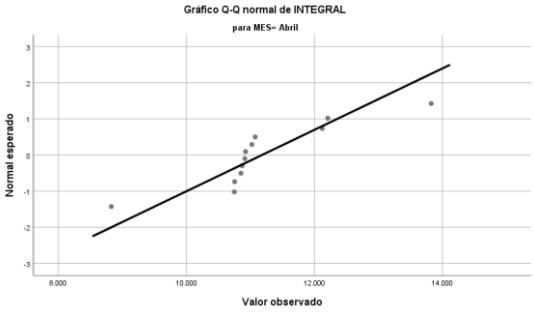
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Integral

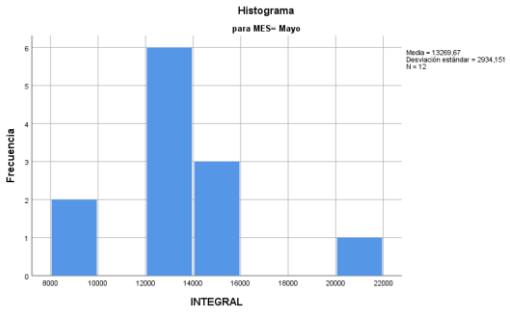


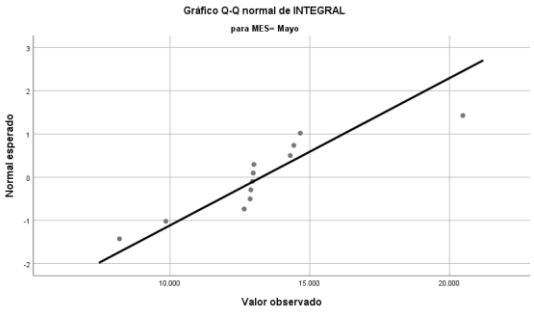

Histograma
para MES= Marzo
Media = 11162,08
Desviación estándar = 1575,741
N = 12
Frecuencia
INTEGRAL

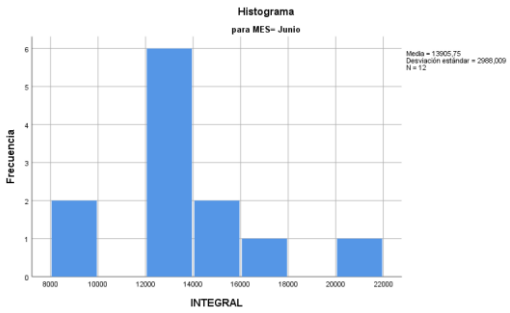

Gráfico Q-Q normal de INTEGRAL
para MES= Marzo
Normal esperado
Valor observado

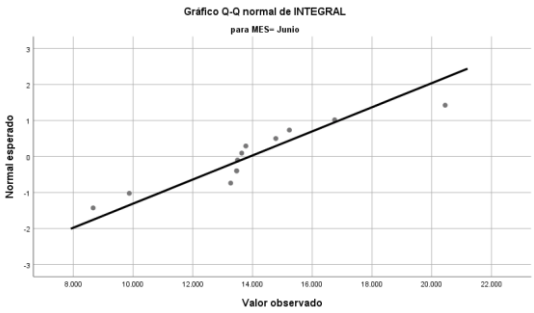

Histograma
para MES= Abril
Media = 11178,92
Desviación estándar = 1176,371
N = 12
Frecuencia
INTEGRAL

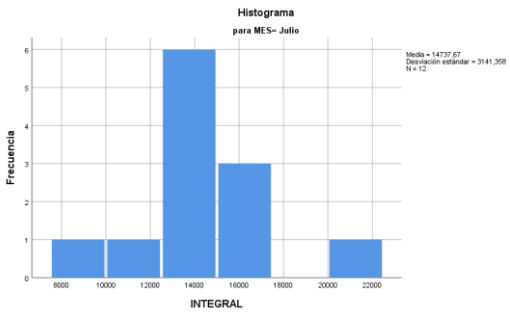

Gráfico Q-Q normal de INTEGRAL
para MES= Abril
Normal esperado
Valor observado

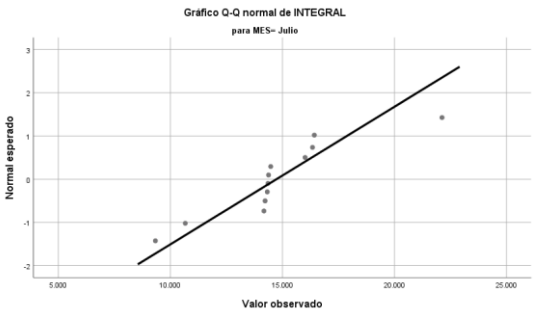

Histograma
para MES= Mayo
Media = 13269,67
Desviación estándar = 2934,151
N = 12
Frecuencia
INTEGRAL

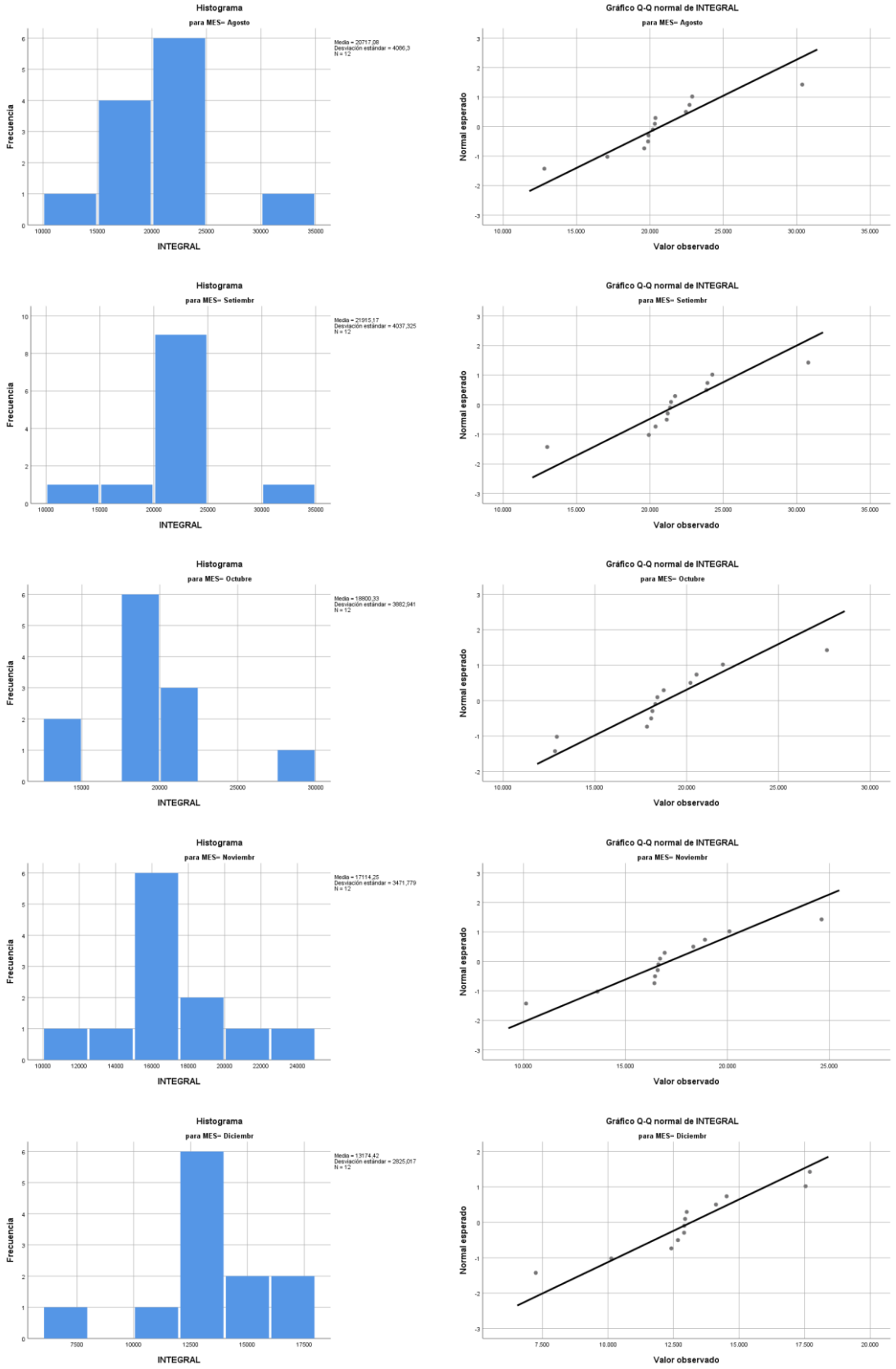

Gráfico Q-Q normal de INTEGRAL
para MES= Mayo
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Junio
Media = 13905,75
Desviación estándar = 2988,009
N = 12
Frecuencia
INTEGRAL


Gráfico Q-Q normal de INTEGRAL
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Julio
Media = 14737,67
Desviación estándar = 3141,358
N = 12
Frecuencia
INTEGRAL


Gráfico Q-Q normal de INTEGRAL
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado

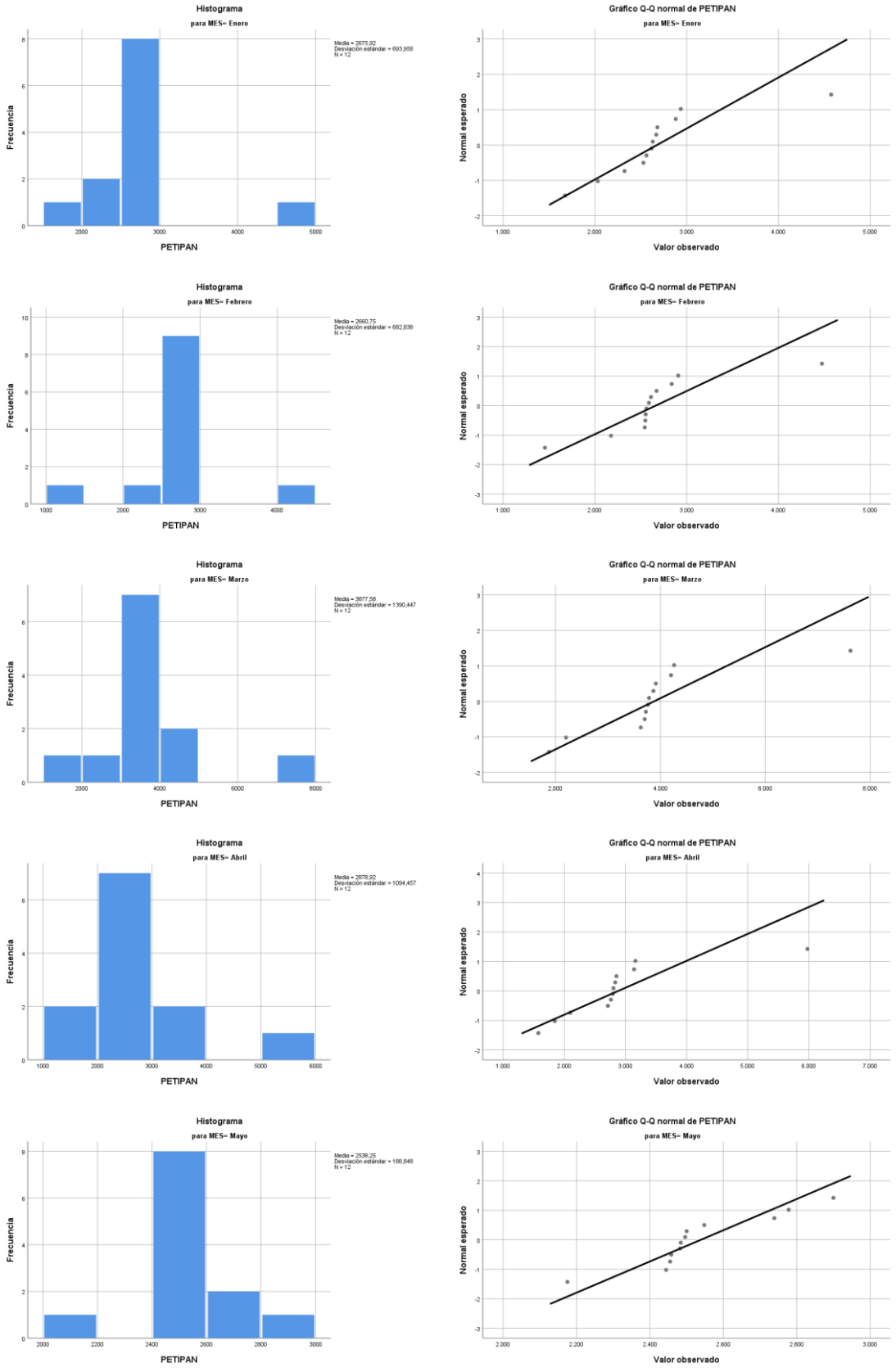


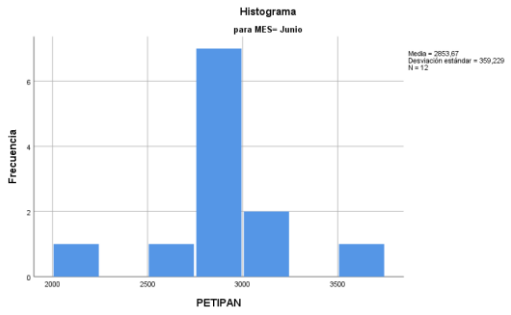
Fuente: Elaboración propia, 2022.

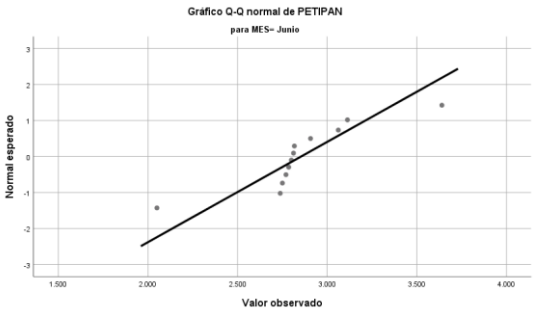
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Integral mes por mes.

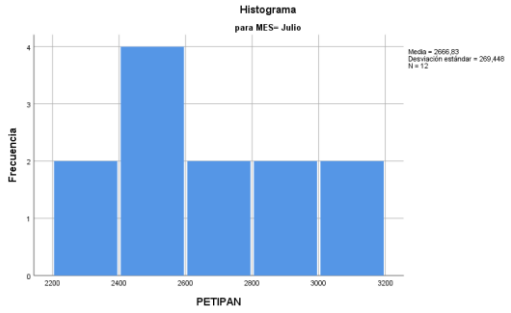
Figura A-10

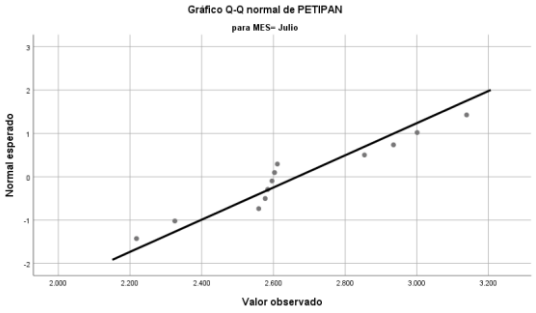
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Petipán

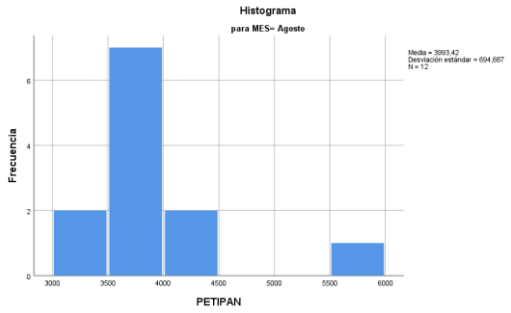


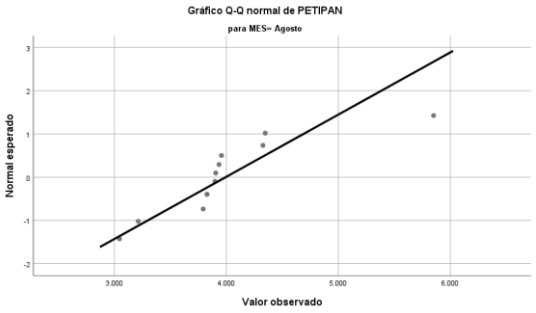

Histograma
para MES= Junio
Media = 2853,67
Desviación estándar = 359,229
N = 12
Frecuencia
PETIPAN

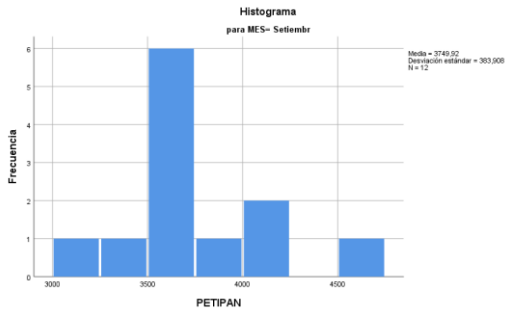

Gráfico Q-Q normal de PETIPAN
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado

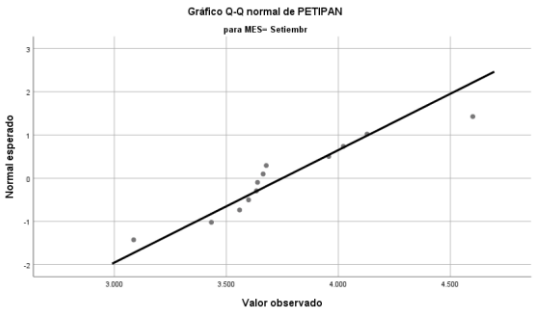

Histograma
para MES= Julio
Media = 2666,83
Desviación estándar = 269,448
N = 12
Frecuencia
PETIPAN

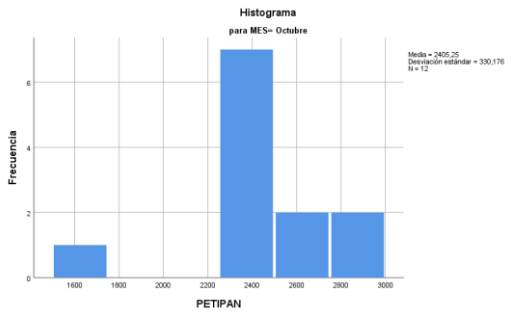

Gráfico Q-Q normal de PETIPAN
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado

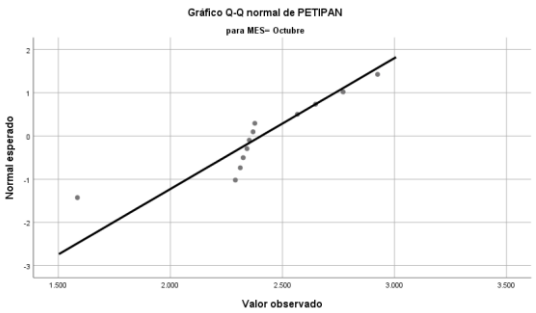

Histograma
para MES= Agosto
Media = 3993,42
Desviación estándar = 694,687
N = 12
Frecuencia
PETIPAN

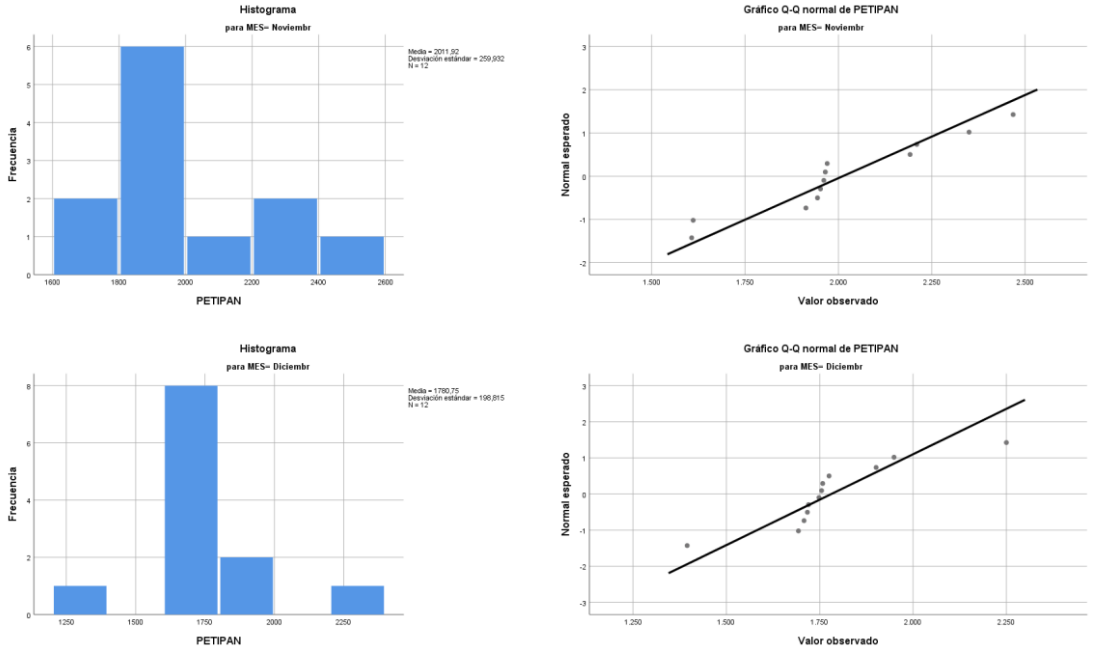

Gráfico Q-Q normal de PETIPAN
para MES= Agosto
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Setiembr
Media = 3749,92
Desviación estándar = 363,908
N = 12
Frecuencia
PETIPAN


Gráfico Q-Q normal de PETIPAN
para MES= Setiembr
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Octubre
Media = 2405,25
Desviación estándar = 330,176
N = 12
Frecuencia
PETIPAN


Gráfico Q-Q normal de PETIPAN
para MES= Octubre
Normal esperado
Valor observado

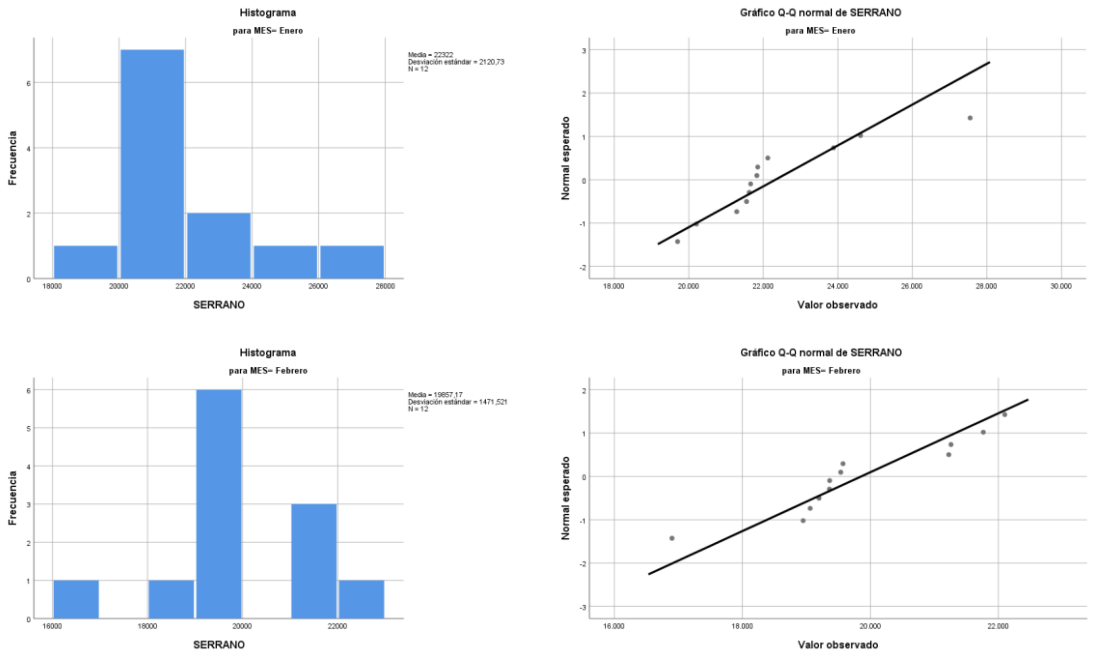


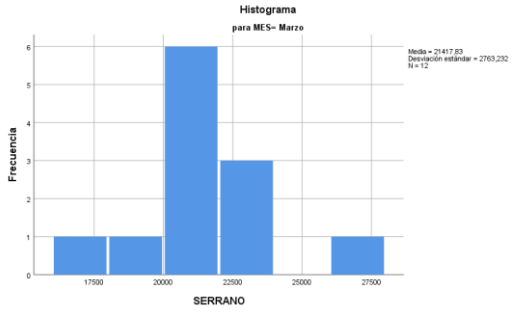
Fuente: Elaboración propia, 2022.

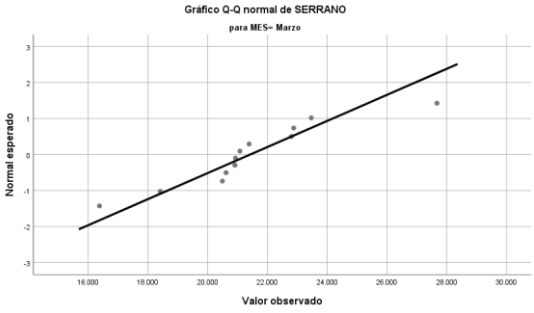
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Petipán mes por mes.

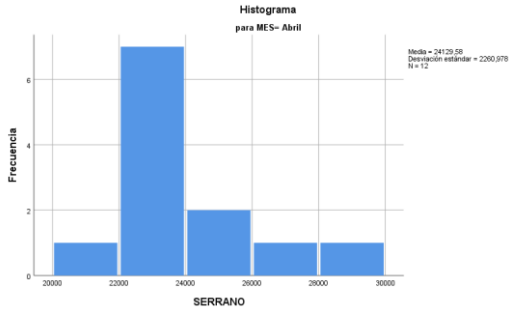
Figura A-11

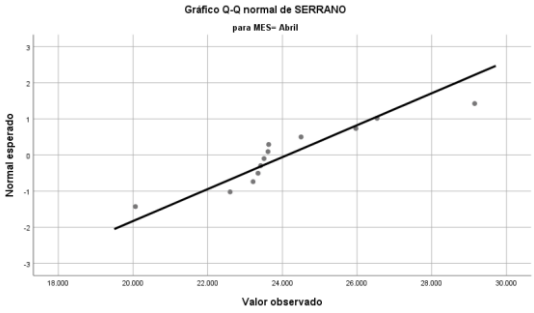
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Serrano

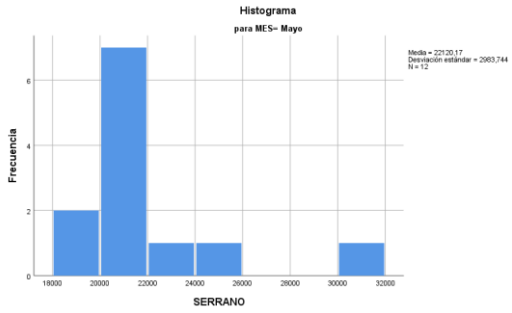


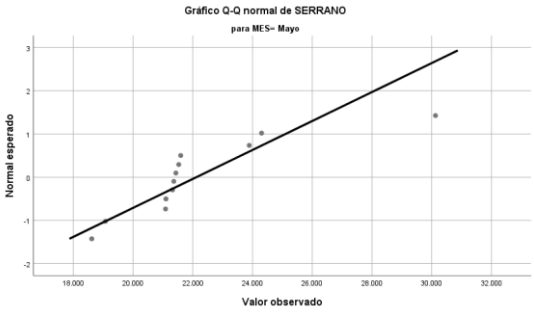

Histograma
para MES= Marzo
Media = 21417,83
Desviación estándar = 2763,232
N = 12
Frecuencia
SERRANO

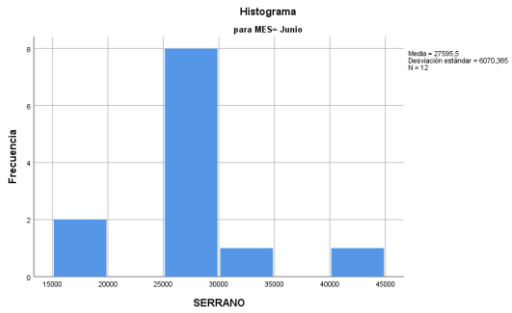

Gráfico Q-Q normal de SERRANO
para MES= Marzo
Normal esperado
Valor observado

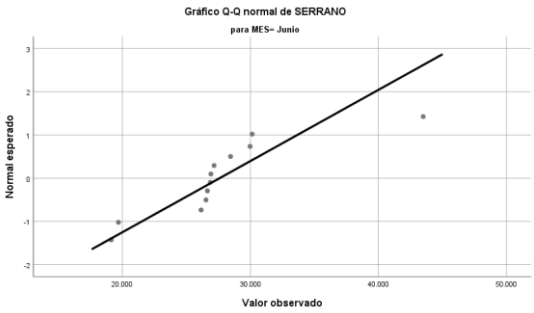

Histograma
para MES= Abril
Media = 24129,58
Desviación estándar = 2260,978
N = 12
Frecuencia
SERRANO

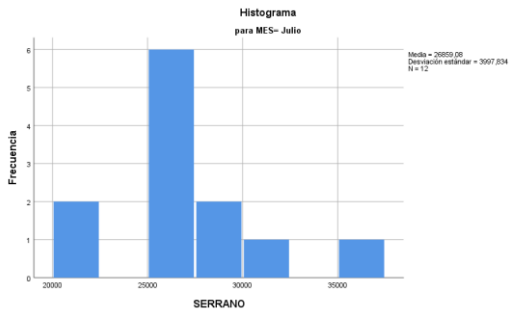

Gráfico Q-Q normal de SERRANO
para MES= Abril
Normal esperado
Valor observado

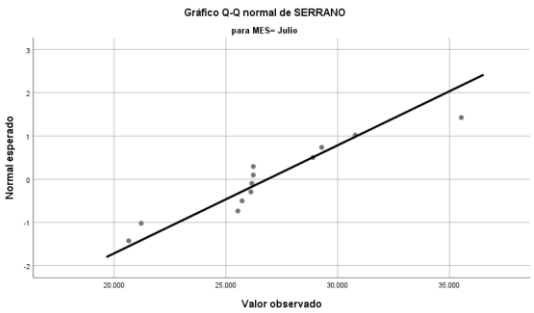

Histograma
para MES= Mayo
Media = 22120,17
Desviación estándar = 2983,744
N = 12
Frecuencia
SERRANO

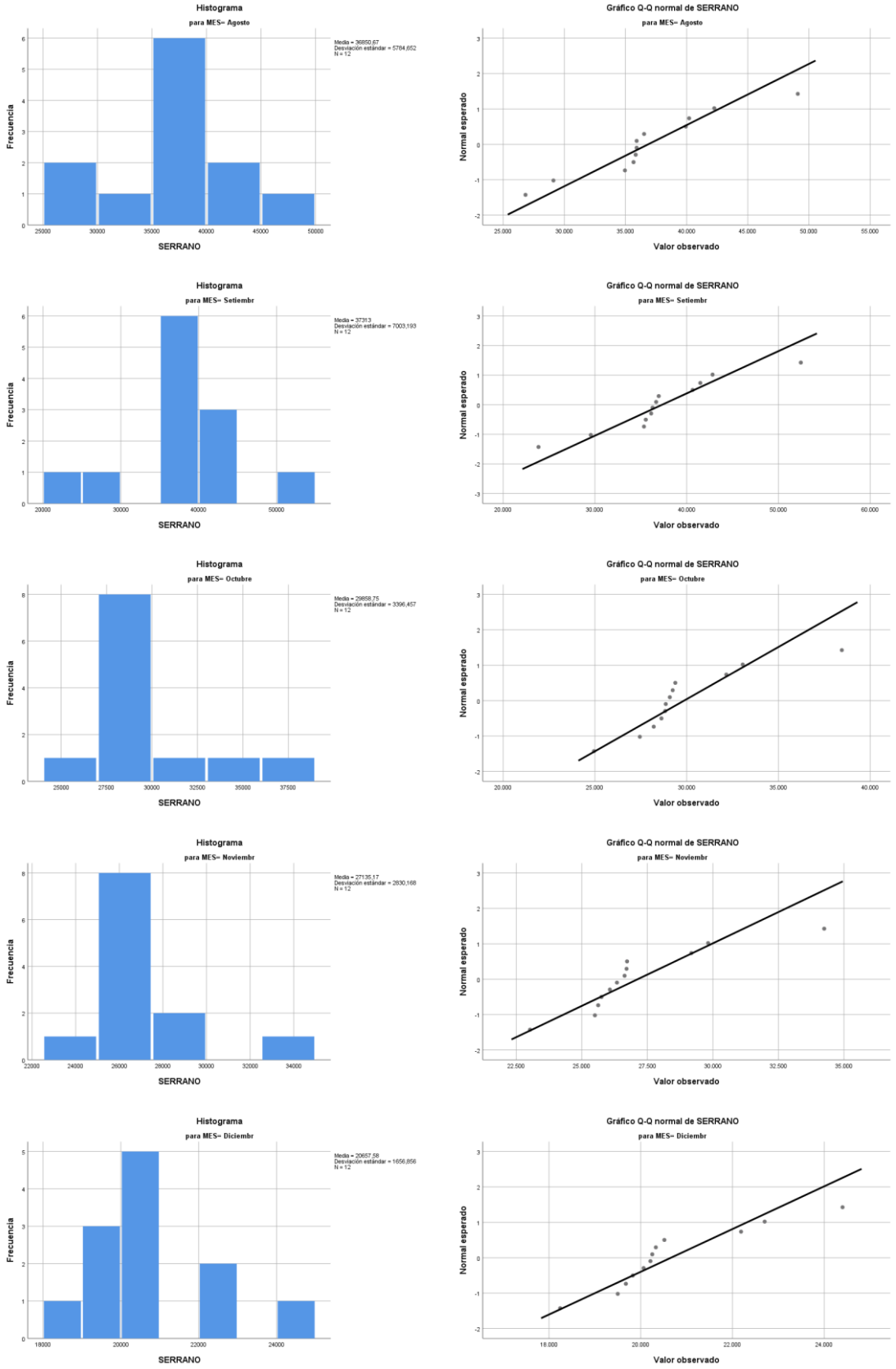

Gráfico Q-Q normal de SERRANO
para MES= Mayo
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Junio
Media = 27595,5
Desviación estándar = 6070,385
N = 12
Frecuencia
SERRANO


Gráfico Q-Q normal de SERRANO
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Julio
Media = 26859,08
Desviación estándar = 3997,834
N = 12
Frecuencia
SERRANO


Gráfico Q-Q normal de SERRANO
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado

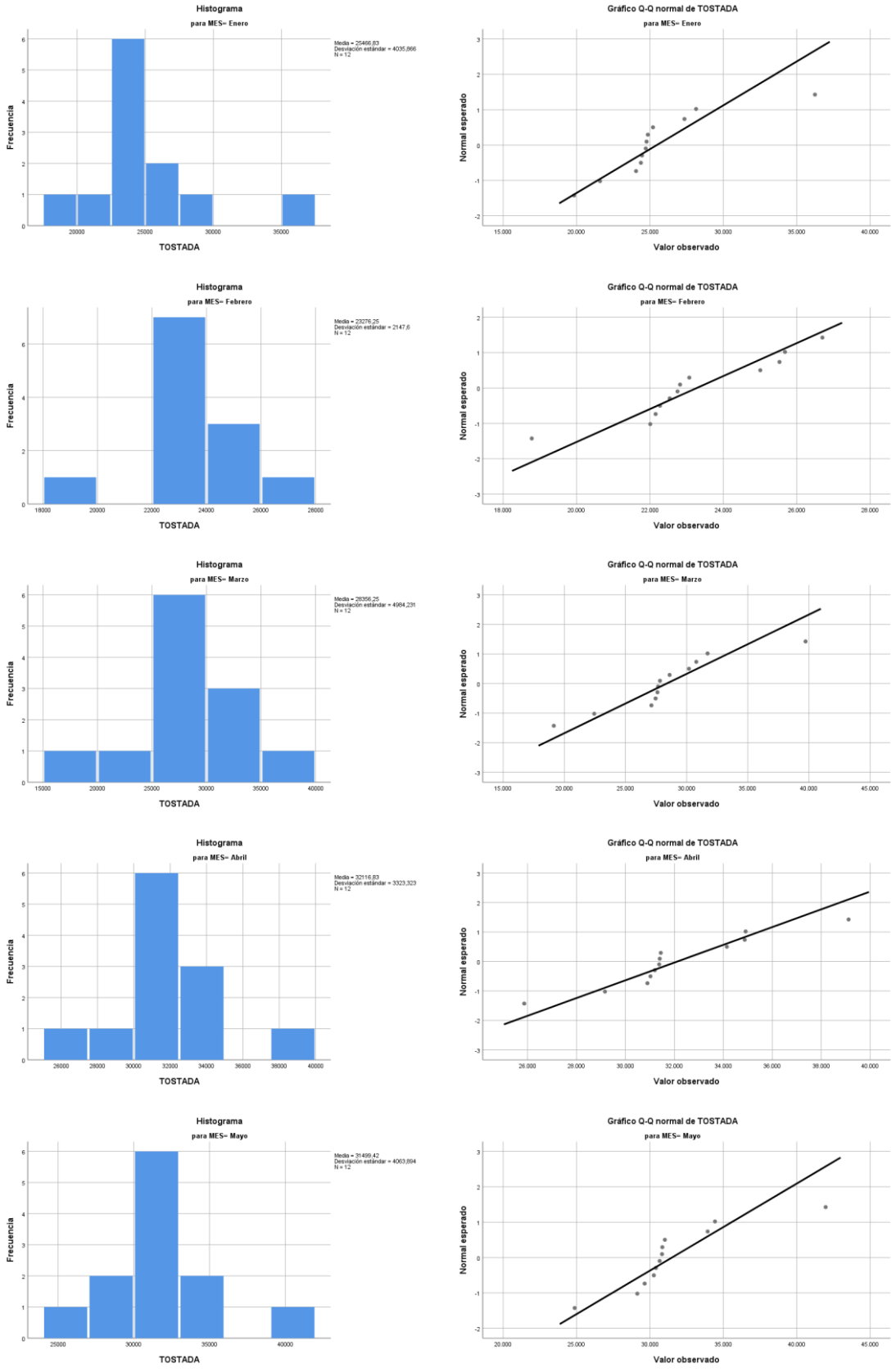


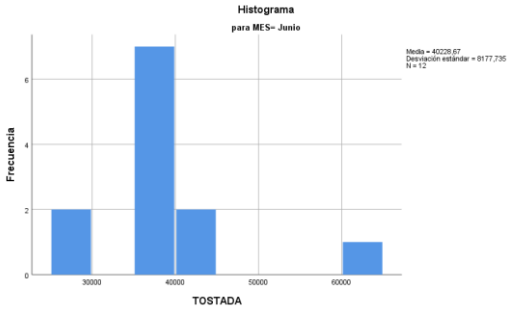
Fuente: Elaboración propia, 2022.

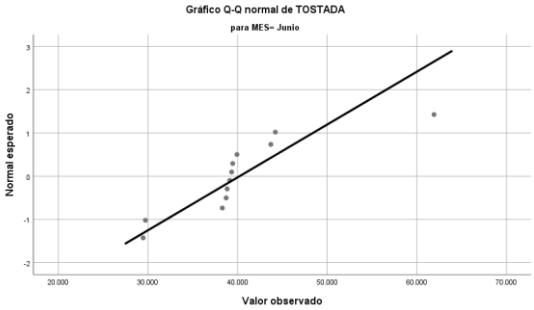
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Serrano mes por mes.

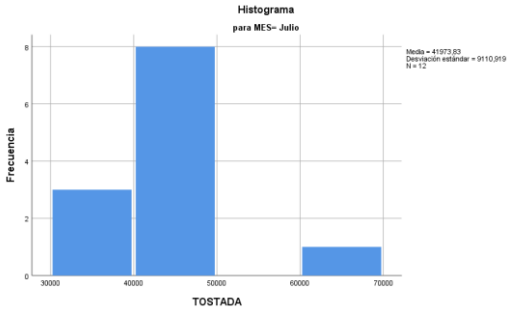
Figura A-12

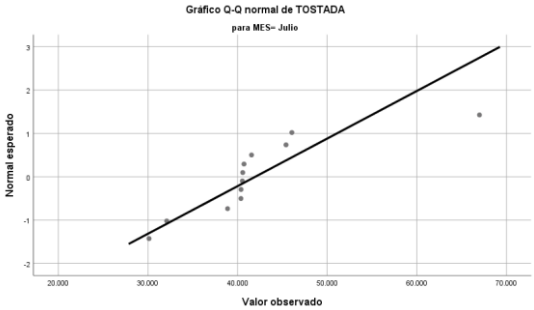
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Tostada

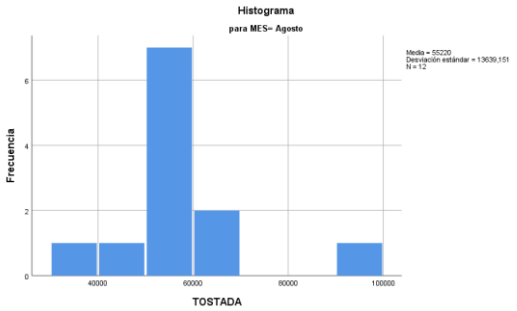


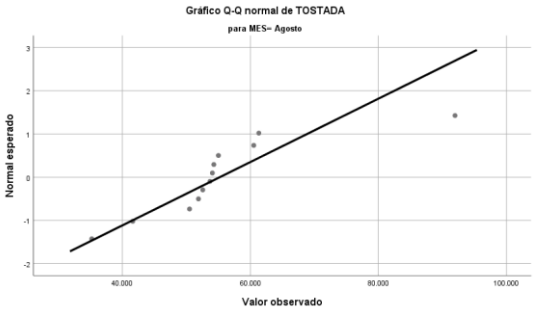

Histograma
para MES= Junio
Media = 40228,67
Desviación estándar = 8177,735
N = 12
Frecuencia
TOSTADA

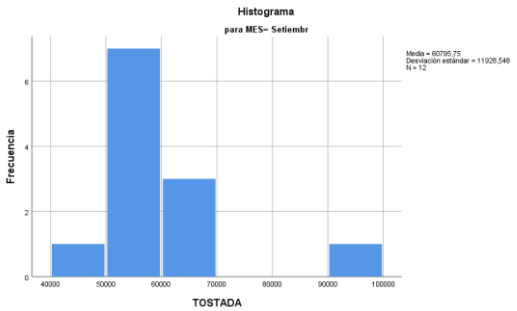

Gráfico Q-Q normal de TOSTADA
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado

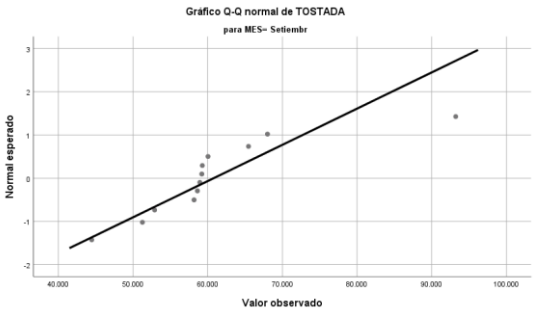

Histograma
para MES= Julio
Media = 41973,83
Desviación estándar = 9110,919
N = 12
Frecuencia
TOSTADA

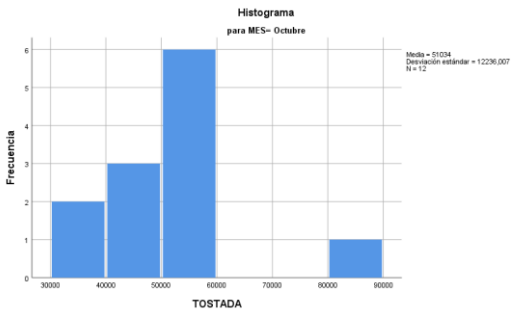

Gráfico Q-Q normal de TOSTADA
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado

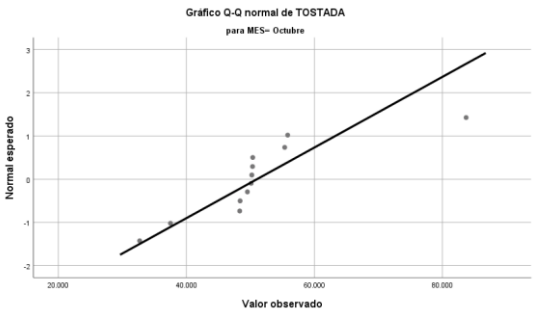

Histograma
para MES= Agosto
Media = 55220
Desviación estándar = 13639,151
N = 12
Frecuencia
TOSTADA

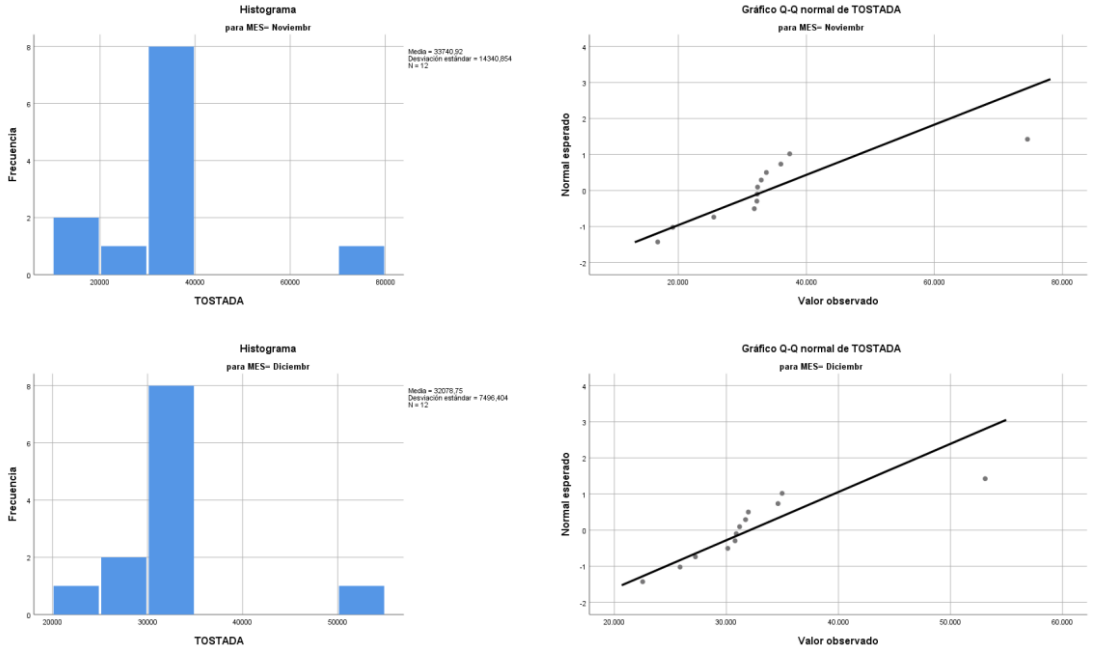

Gráfico Q-Q normal de TOSTADA
para MES= Agosto
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Setiembr
Media = 60795,75
Desviación estándar = 11928,548
N = 12
Frecuencia
TOSTADA


Gráfico Q-Q normal de TOSTADA
para MES= Setiembr
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Octubre
Media = 51034
Desviación estándar = 12236,007
N = 12
Frecuencia
TOSTADA


Gráfico Q-Q normal de TOSTADA
para MES= Octubre
Normal esperado
Valor observado

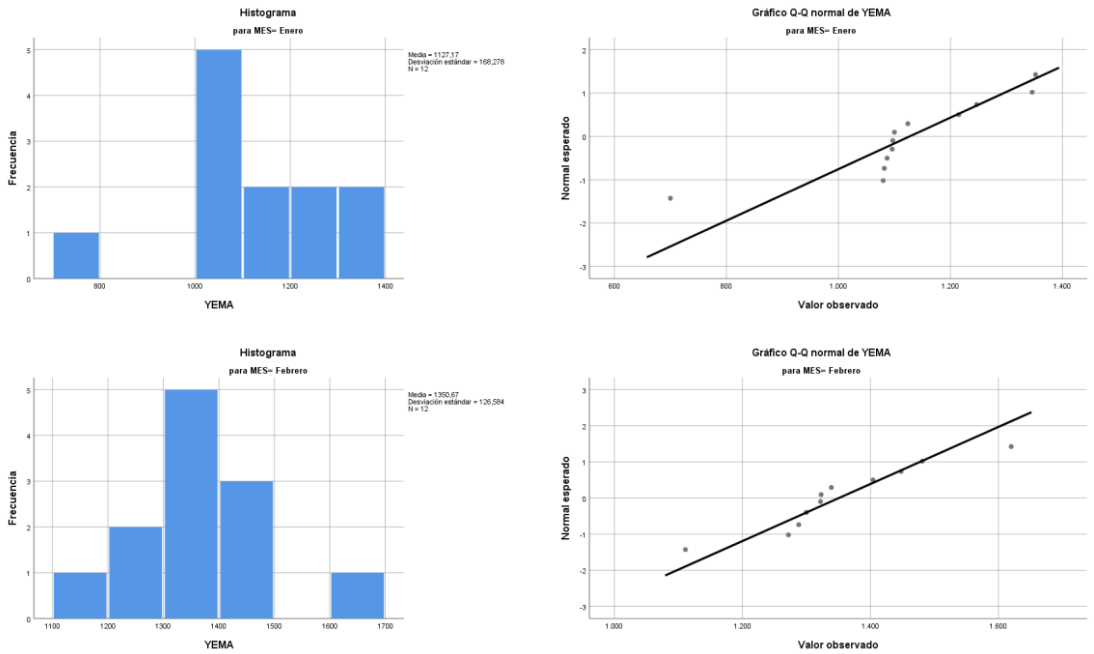


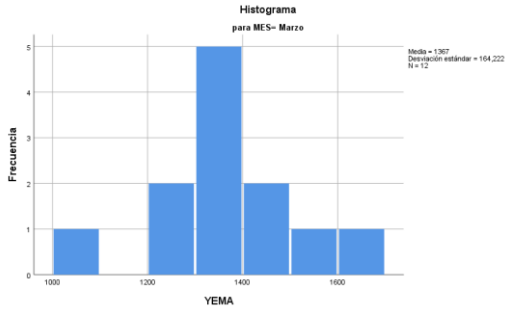
Fuente: Elaboración propia, 2022.

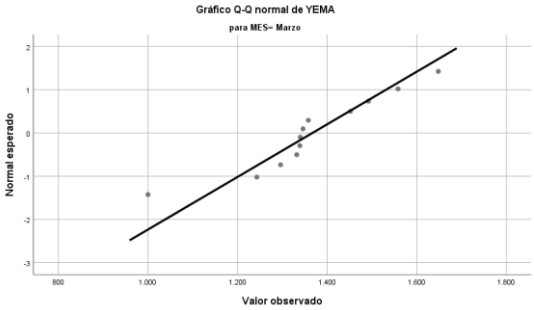
Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Tostada mes por mes.

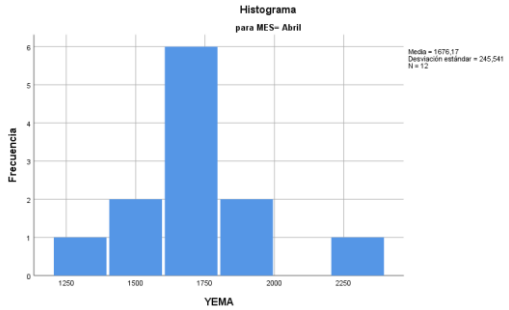
Figura A-13

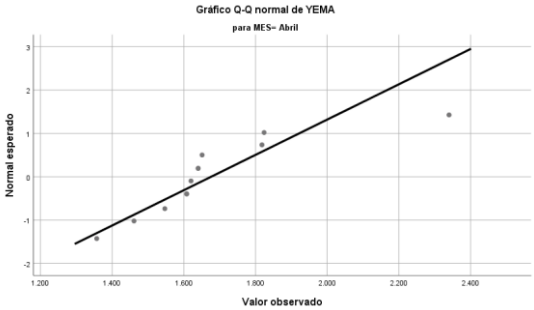
Histogramas y Gráficos Q-Q por mes para la variedad de pan Yema

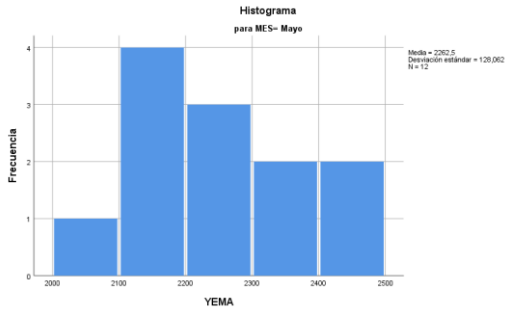


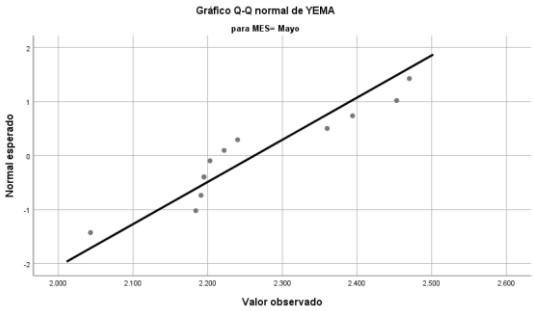

Histograma
para MES= Marzo
Media = 1367
Desviación estándar = 164,222
N = 12
Frecuencia
YEMA

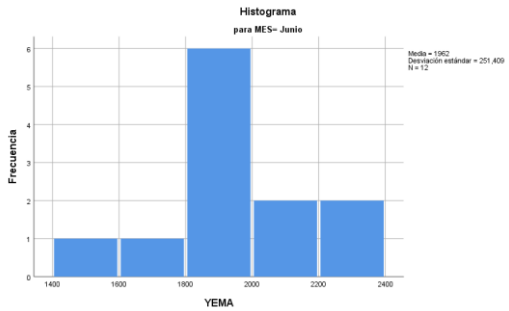

Gráfico Q-Q normal de YEMA
para MES= Marzo
Normal esperado
Valor observado

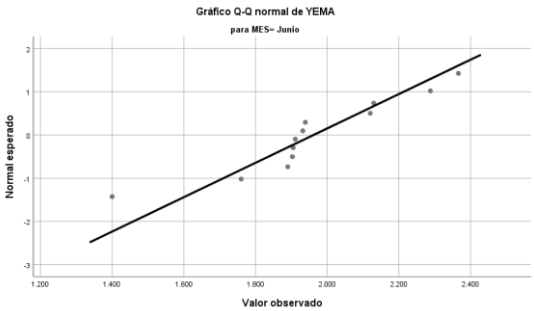

Histograma
para MES= Abril
Media = 1676,17
Desviación estándar = 245,541
N = 12
Frecuencia
YEMA

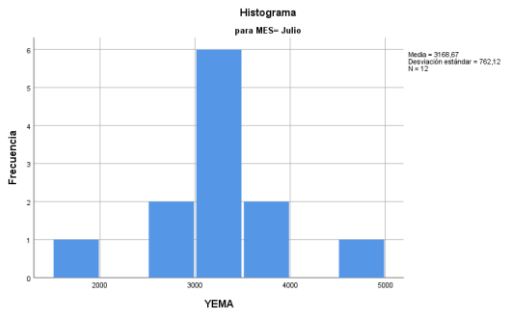

Gráfico Q-Q normal de YEMA
para MES= Abril
Normal esperado
Valor observado

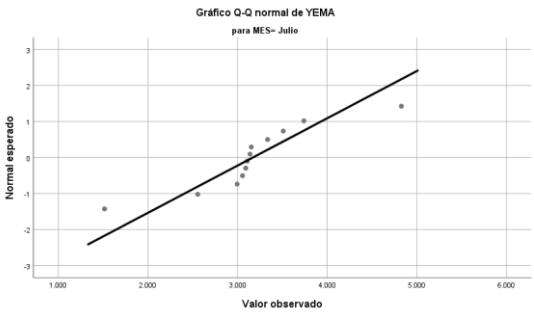

Histograma
para MES= Mayo
Media = 2262,5
Desviación estándar = 128,062
N = 12
Frecuencia
YEMA

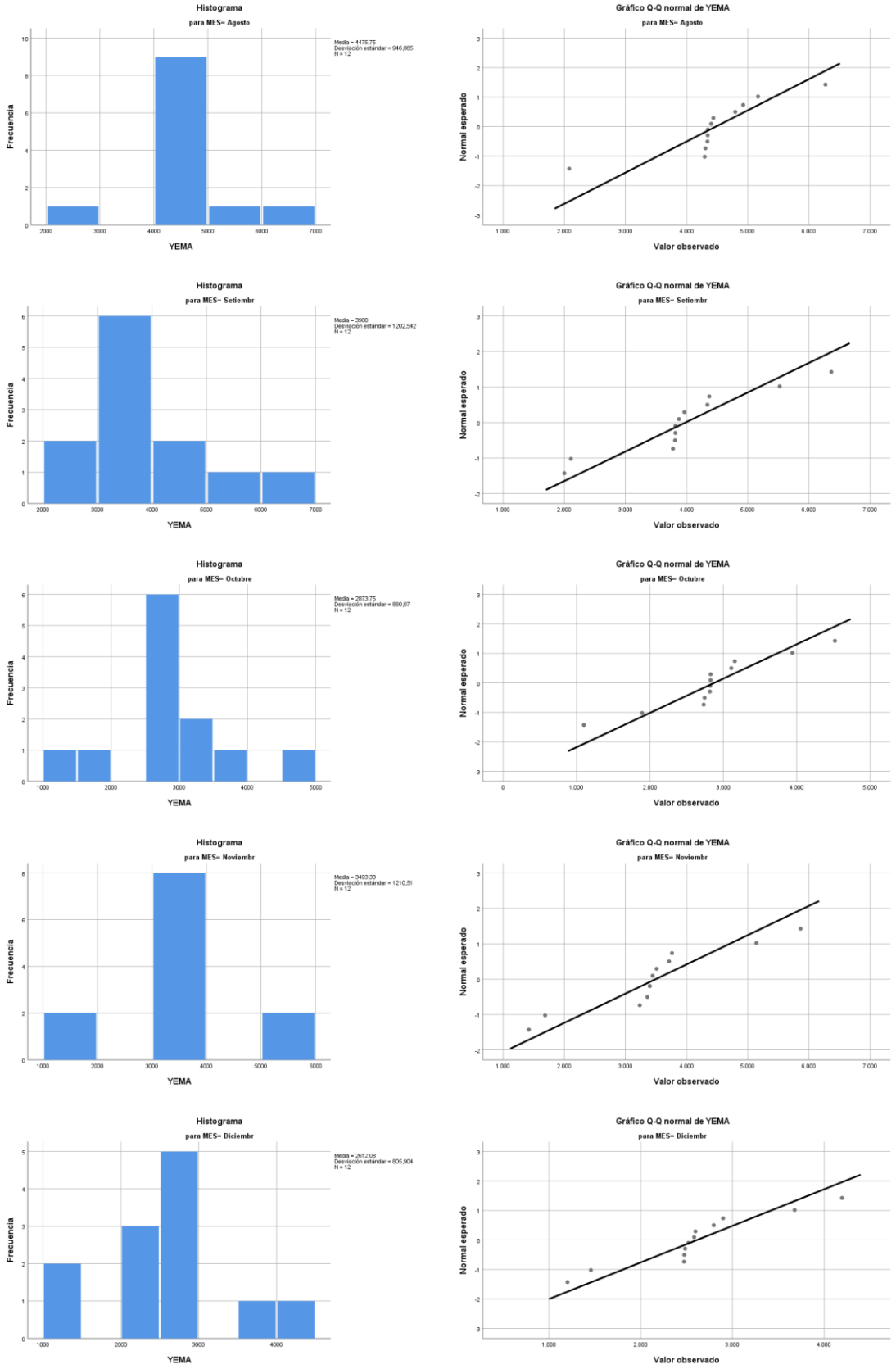

Gráfico Q-Q normal de YEMA
para MES= Mayo
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Junio
Media = 1962
Desviación estándar = 251,409
N = 12
Frecuencia
YEMA


Gráfico Q-Q normal de YEMA
para MES= Junio
Normal esperado
Valor observado


Histograma
para MES= Julio
Media = 3168,67
Desviación estándar = 762,12
N = 12
Frecuencia
YEMA


Gráfico Q-Q normal de YEMA
para MES= Julio
Normal esperado
Valor observado



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Estos gráficos complementan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la demanda de pan de la variedad Yema mes por mes.