



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

TESIS

**PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN APLICANDO
PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA EMPRESA
PRODUCCIONES NACIONALES TC. E.I.R.L.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

Autora:

**Bach. Cieza Vasquez, Veronica Violeta
(Orcid: 0000-0003-0641-1532)**

Asesor:

**Dr. Vásquez Coronado, Manuel Humberto
(Orcid: 0000-0003-4573-3868)**

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

**Pimentel – Perú
2021**

**PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN APLICANDO PROGRAMACIÓN LINEAL
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA EMPRESA PRODUCCIONES
NACIONALES TC. E.I.R.L.**

Aprobación del Jurado

Dr. Vásquez Coronado, Manuel Humberto

Asesor

Dr. Vásquez Coronado, Manuel Humberto

Presidente del Jurado de Tesis

Mg. Armas Zavaleta, Jose Manuel

Secretario del Jurado de Tesis

Mg. Larrea Colchado, Luis Roberto

Vocal del Jurado de Tesis

Dedicatoria

A mis abuelos, Eufemio Vásquez Díaz e Ismenia Bustamante Silva, que me enseñaron a perseguir mis sueños hasta hacerlos realidad y apostar por cosas diferentes.

Agradecimientos

A mis padres y hermana, por su comprensión y apoyo incondicional para seguir adelante con mi objetivo.

Al Sr. Mario Torres Elera, gerente general de Producciones Nacionales TC. E.I.R.L., por permitirme el acceso a las instalaciones de la empresa y a todas las facilidades requeridas.

A la nutricionista Doris Violeta Vásquez Bustamante, por orientarme y brindarme la información necesaria para mi investigación.

Al Dr. Manuel Vásquez por guiarme en la travesía que representó este arduo trabajo, permitiendo que lo culmine plenamente.

Al Mg. Absalón Rivasplata Sánchez por brindarme su tiempo e instruirme en todo momento para encaminar este trabajo.

Gracias por creer en mí.

**PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN APLICANDO PROGRAMACIÓN LINEAL
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA EMPRESA PRODUCCIONES
NACIONALES TC. E.I.R.L.**

**PLANNING OF PRODUCTION APPLYING LINEAR PROGRAMMING FOR
THE OPTIMIZATION OF COSTS IN THE COMPANY PRODUCCIONES
NACIONALES TC. E.I.R.L.**

Cieza Vasquez Veronica Violeta¹

Resumen

La presente investigación es de tipo aplicada descriptiva, con enfoque cuantitativo, y diseño no experimental- transversal, y tuvo como objetivo planear la producción aplicando la programación lineal para optimizar los costos de la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L., para lo cual se recolectó información mediante técnicas de observación, análisis documental, una entrevista al jefe de producción, una encuesta a los trabajadores, un diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto, los cuales permitieron analizar e identificar posteriormente la causas principales que ocasionaban altos costos en la empresa, determinando que el excesivo uso de horas extras, la falta de planificación de actividades y de requerimiento de material, así como los insuficientes recursos estaban ocasionando costos elevados en la empresa. Por lo cual se planteó un modelo de programación lineal entera mixta para planear la producción en la empresa, obteniendo una previsión de la demanda y la estimación del requerimiento de material para cada mes, que permite a su vez poder cumplir óptimamente con las cantidades a producir y cumplir a tiempo con la demanda del cliente. La propuesta arrojó que, si esta fuera aplicada se obtendría una optimización del 39% de los costos de horas extras, generando un ahorro de S/. 31,653.08, y un costo beneficio de 1.51 lo que indica que la propuesta es rentable para la empresa.

Palabras clave: Programación lineal, planeación, optimización, costos.

¹ Adscrita a la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: cvasquezveronic@crece.uss.edu.pe código ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0641-1532>

Abstract

The present investigation is of a descriptive applied type, with a quantitative approach, and a non-experimental-transversal design, and its objective was to plan production applying linear programming to optimize the costs of the company Producciones Nacionales TC. EIRL, for which information was collected through observation techniques, documentary analysis, an interview with the head of production, a survey of workers, an Ishikawa diagram and Pareto diagram, which allowed the analysis and subsequent identification of the main causes that caused high costs in the company, determining that the excessive use of overtime, the lack of activity planning and material requirements, as well as insufficient resources were causing high costs in the company. Therefore, a mixed integer linear programming model was proposed to plan production in the company, obtaining a forecast of demand and an estimate of the material requirement for each month, which in turn allows to optimally comply with the quantities to be produced and meet customer demand on time. The proposal showed that, if this were applied, an optimization of 39% of overtime costs would be obtained, generating savings of S /. 31,653.08, and a cost benefit of 1.51 which indicates that the proposal is profitable for the company.

Key Words: *Linear programming, planning, optimization, costs.*

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad Problemática.	14
1.2. Trabajos previos.....	17
1.3. Teorías relacionadas al tema.	20
1.3.1. Planeación de la Producción aplicando Programación Lineal.	20
1.3.2. Optimización de costos.	27
1.4. Formulación del problema.	28
1.5. Justificación e importancia del estudio.	28
1.6. Hipótesis.....	29
1.7. Objetivos.	29
1.7.1. Objetivos General.....	29
1.7.2. Objetivos Específicos.	29
II. MATERIAL Y MÉTODO.....	31
2.2. Tipo y diseño de Investigación.	31
2.2. Población y muestra.	32
2.3. Variables, Operacionalización.	32
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. ...	35
2.5. Procedimientos de análisis de datos.	36
2.6. Criterios éticos.....	37
2.7. Criterios de rigor científico.....	38
III. RESULTADOS	40
3.1. Diagnóstico de la empresa	40
3.1.1. Información general.....	40
3.1.2. Descripción del proceso productivo.....	46
3.1.3. Análisis de la problemática.....	66
3.1.4. Situación actual de los costos.	89
3.2. Discusión de resultados	92
3.3. Propuesta de investigación	96
3.3.1. Fundamentación.....	96

3.3.2. Objetivos de la propuesta.....	96
3.3.3. Desarrollo de la propuesta.	97
3.3.4. Situación de costos totales con la propuesta.	120
3.3.5. Análisis beneficio/costo de la propuesta.....	121
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	123
4.1. Conclusiones.....	124
4.2. Recomendaciones.....	125
REFERENCIAS.....	126
ANEXOS	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Áreas seleccionadas por los diversos tipos de empresas del valle de Pokhara- Nepal para la reducción de costos.....	15
Tabla 2. Causas de no aplicar las herramientas de reducción de costos.....	15
Tabla 3.Muestra	32
Tabla 4. Operacionalización de variable independiente.....	33
Tabla 5. Operacionalización de variable dependiente.....	34
Tabla 6. Estadístico de fiabilidad.....	36
Tabla 7. Información de la empresa	40
Tabla 8. Formulación de los productos por kg.....	41
Tabla 9. Clientes de la empresa.....	42
Tabla 10. Proveedores de la empresa.	43
Tabla 11. Horario de Trabajo.....	43
Tabla 12. Mano de obra directa.....	43
Tabla 13. Mano de obra indirecta.....	44
Tabla 14. Materia prima-insumos	44
Tabla 15. Costos de transporte	45
Tabla 16. Materiales indirectos.....	45
Tabla 17. Maquinaria.....	45
Tabla 18. Resultados de la entrevista	66
Tabla 19. Guía de observación	68
Tabla 20. Producción en kilogramos de producto 1	76
Tabla 21. Producción en kilogramos de producto 2	76
Tabla 22. Producción en kilogramos de producto 3	77
Tabla 23. Producción en kilogramos de producto 4	77
Tabla 24. Producción en kilogramos de producto 5	78
Tabla 25. Formulación de los productos	78
Tabla 26. Histórico de requerimiento de material	79
Tabla 27. Costos de materia prima/insumos de los años 2016-2019.....	79
Tabla 28. Histórico de costos de transporte	80
Tabla 29. Histórico de costos de materiales indirectos	81
Tabla 30. Costos de mano de obra directa	81

Tabla 31. Costos de horas extras.....	82
Tabla 32. Costos de mano de obra indirecta.....	83
Tabla 33. Costos de servicios básicos	83
Tabla 34. Maquinaria de las diferentes áreas productivas de la empresa.....	84
Tabla 35. Resultados de la encuesta de priorización de causas.....	87
Tabla 37. Situación actual de los costos totales en la empresa	89
Tabla 38. Comparación-definición de elementos aplicando programación lineal.	94
Tabla 39. Histórico de ventas 2016-2019.....	97
Tabla 40. Pronóstico de la demanda de productos para el año 2020	101
Tabla 41. Definición de parámetros, coeficientes y variables de decisión.....	102
Tabla 42. Requerimiento de recursos por producto	103
Tabla 43. Costos unitarios de producción	104
Tabla 44. Costos de inventario.....	104
Tabla 45. Disponibilidad mensual de recursos	105
Tabla 46. Detalle de restricción de uso de recursos.....	107
Tabla 47. Costos totales obtenidos después de aplicar la propuesta.....	109
Tabla 48. Reporte de análisis de sensibilidad	113
Tabla 49. Cambio del valor óptimo obtenido	114
Tabla 50. Costos totales obtenidos modelo con cambio de disponibilidad de trigo	116
Tabla 51. Costos totales obtenidos modelo con cambio de disponibilidad de kiwicha	118
Tabla 52. Resumen de costos de los modelos analizados.....	119
Tabla 53. Análisis de la situación de costos con la propuesta.....	120
Tabla 54. Inversión de propuesta	122
Tabla 55. Beneficio de la propuesta	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación % de los costos totales en las empresas	16
Figura 2. Patrones de demanda	21
Figura 3. Modelos combinados de series de tiempo	22
Figura 4. Formulación de un problema de programación lineal.....	25
Figura 5. ¿Qué nos permite resolver el análisis de sensibilidad?.....	26
Figura 6. Proceso cuantitativo.	31
Figura 7. Organigrama general de la empresa.....	42
Figura 8. Diagrama de Operaciones del proceso del producto 1.	48
Figura 9. Diagrama de Análisis del proceso de elaboración del producto 1.....	49
Figura 10. Diagrama de Operaciones del proceso de elaboración del producto 252	
Figura 11. Diagrama de Análisis del proceso de elaboración del producto 2.....	53
Figura 12. Diagrama de Operaciones del proceso de elaboración del producto 356	
Figura 13. Diagrama de Análisis del proceso de elaboración del producto 3.....	57
Figura 14. Diagrama de Operaciones del proceso de elaboración del producto 460	
Figura 15. Diagrama de Análisis del proceso de elaboración del producto 4.....	61
Figura 16. Diagrama de Operaciones del proceso de elaboración del producto 564	
Figura 17. Diagrama de análisis del proceso de elaboración del producto 5.....	65
Figura 18. Definición de procesos	70
Figura 19. Planificación de recursos	71
Figura 20. Registro de la materia prima recepcionada.....	71
Figura 21. Verificación de la calidad de los recursos recepcionados	72
Figura 22. Capacitación adecuada.....	72
Figura 23. Óptimo consumo de recursos	73
Figura 24. Disponibilidad de recursos	73
Figura 25. Cumplimiento de la cantidad a producir	74
Figura 26. Uso óptimo de la capacidad productiva.....	74
Figura 27. Ambiente de trabajo favorable	75
Figura 28. Diagrama de Ishikawa.....	85
Figura 29. Diagrama de Pareto	88
Figura 30. Costos totales 2016-2019	90
Figura 31. Costos de horas extras 2016-2019	91
Figura 32. La programación lineal como herramienta de optimización	92

Figura 33. Comparación- situación actual entre dos empresas.....	93
Figura 34. Modelo de pronóstico del producto 1	99
Figura 35. Modelo de pronóstico del producto 2	99
Figura 36. Modelo de pronóstico del producto 3	100
Figura 37. Modelo de pronóstico del producto 4	100
Figura 38. Modelo de pronóstico del producto 5	101
Figura 39. Solución generada por open solver en Excel.	110
Figura 40. Solución generada para modelo sin restricción de enteros por Open Solver en Excel.	112
Figura 41. Solución generada por Open Solver en Excel para modelo con cambio de disponibilidad de Kiwicha	115
Figura 42. Solución generada por Open Solver en Excel para modelo con cambio de disponibilidad de Kiwicha.	117
Figura 43. Comparación de costos de horas extras antes y después de la propuesta.	121

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

Actualmente se ven constantes cambios en el sector empresarial pues las organizaciones han tenido que evolucionar junto con ellas y adaptarse cambiando el sistema tradicional y optar por mejores estrategias de gestión, tal y como lo recalca la investigación realizada en las empresas industriales Colombianas donde los costos están cumpliendo un papel clave y la adecuada gestión de estos ha permitido aprovechar al máximo la capacidad instalada, tener un mejor control de inventarios y un mejor destino del efectivo (Correa, Martínez, Ruiz, y Yepes, 2018).

Pero aún para muchas empresas es difícil adaptarse al cambio, tal y como sucede en medianas y pequeñas empresas de producción en Ecuador, las cuales han demostrado que no tienen un método de control para sus costos y solo realizan un trabajo empírico; además, la falta de organización tanto en sus inventarios como distribución de material causan altos costos de producción y retrasos en el cumplimiento con las entregas a sus clientes o fallas en los productos por no llevar el control adecuado (Avalos, Sanandrés, Orna, Vallejo e Izurieta, 2018).

Sin embargo, otras empresas sí han dado lugar a la priorización de la optimización de costos para sobrevivir y mantener su posición en el mercado, tal como es el caso de las empresas del valle de Pokhara, Nepal, donde muchas de ellas han estado optando por aplicar diferentes herramientas para la reducción de costos, como: el sistema kaizen, JIT, TQM, entre otros, en sus diferentes áreas, siendo el área con mayor porcentaje el de compra y control de material con un 40%, el de producción, planificación y control con 30%, el área de diseño del producto con 10%, el área de equipo y distribución de la planta obtuvo un 10% y el otro 10% se enfocó en el área de venta; pero aun así, muchas de ellas a pesar de sus esfuerzos no pudieron aplicar ninguna herramienta para poder reducir sus costos satisfactoriamente debido a la falta de: personal calificado, de un experto, de conocimiento de la herramienta o por la falta de tecnología (Sharma, 2017).

Tabla 1

Áreas seleccionadas por los diversos tipos de empresas del valle de Pokhara-Nepal para la reducción de costos

Informe detallado	Industrias				Total	
	Comida	Papel	Gas, plástico	Lechería	N°	%
	N°	N°	N°	N°		
Diseño de producto	0	0	1	0	1	10
Planificación y control de la producción	1	2	0	0	3	30
Equipo y distribución de planta	0	0	1	0	1	10
Venta y distribución de la planta	1	0	0	0	1	10
Compra y control de material	1	0	1	2	4	40
Total	3	2	3	2	10	100

Fuente: Adaptado de Sharma (2017).

Tabla 2

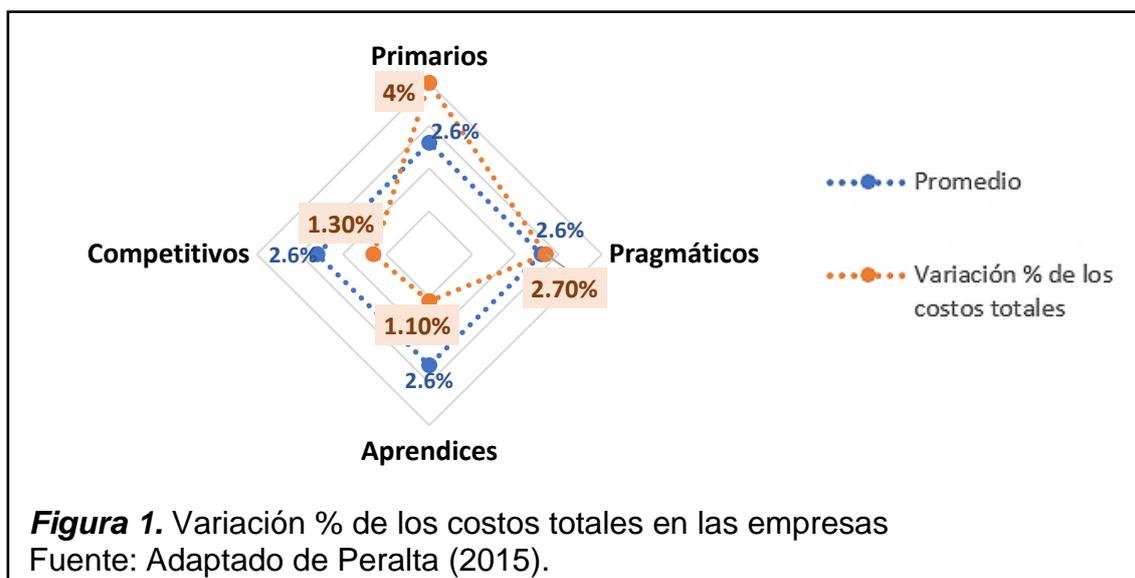
Causas de no aplicar las herramientas de reducción de costos.

Herramientas para la reducción de costos	Falta de mano de obra calificada		Falta de conocimiento de la herramienta		Falta de apoyo de la gerencia		Falta de tecnología		Otros		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
	DFM &CE	1	10	5	50	-	-	2	20	2	20	10
Build to Order	1	10	6	60	-	-	1	10	2	20	10	100
Mass-customization	2	20	1	10	-	-	-	-	7	70	10	100
Part Standardization	2	20	7	70	-	-	1	10	0	0	10	100
Product Line Rationalization	-	-	2	20	-	-	4	40	4	40	10	100
Supply Chain Management	-	-	3	30	-	-	-	-	7	70	10	100
Total Quality Management	-	-	2	20	-	-	4	40	4	40	10	100
Kaizen System	2	20	2	20	-	-	2	20	4	40	10	100
JIT production system	1	10	2	20	-	-	6	60	1	10	10	100
Reengineering	2	20	4	40	-	-	2	20	2	20	10	100

Fuente: Adaptado de Sharma (2017).

En Perú, las empresas aún no han sabido enfrentar el reto de la globalización tal y como lo revela el informe de la XX Expo gestión Supply Chain al 2025, donde se detalla que, el 35% de las empresas están en un nivel primario, es decir, no tienen buenos resultados ni disponen de un buen nivel de tecnología, el 10% se encuentra en el proceso de aprendizaje, lo que refleja a empresas que han adquirido tecnología pero no han podido ejecutarla de manera eficaz, el 25% son pragmáticas, refiriéndose a aquellas empresas que no han invertido tanto en tecnología pero que sin embargo han logrado ser eficaces (lo cual es probable que en algún momento deje de ser así y tiendan a dejar de tener buenos resultados) y finalmente que el 30% son competitivas, haciendo alusión a empresas que poseen tanto buena tecnología como buenos resultados (Lira, 2015).

Asimismo, en la cuarta entrega del estudio sobre la situación de la gestión que se lleva de la cadena de suministro en el Perú, realizado por Peralta (2015) dejó ver que las empresas del nivel primario que son las de mayor porcentaje, tienen preocupantes resultados en sus indicadores de ratios de gestión, obteniendo un 3.22% más del promedio general en ventas perdidas por falta de stock(6.22%) sumando 9.44%, un 1.4% más en el promedio de costos totales de logística (2.6%) sumando 4%; además, demostraron ser muy lentos para reaccionar ante los cambios de oferta y demanda, siendo la raíz del problema la falta de preparación de los colaboradores para manejar mayores niveles de automatización por el bajo nivel de educación y capacitación que tienen.



De acuerdo con el reporte de comercio regional Lambayeque- 2018 (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2018) la región Lambayeque representa el 2,5% del PBI nacional y presenta una economía con un crecimiento de 4,1%, lo cual ha sido generado debido a la productividad de las diversas empresas de los diferentes rubros, sin embargo, en las empresas se hace evidente la necesidad de capacitar a los colaboradores para que se pueda reforzar la productividad y reducir los costos por malas maniobras y por ende haya un mejor rendimiento en las empresas tanto a nivel de la automatización como de la información, lo cual tendrá repercusión en el desarrollo de las actividades del sector empresarial ya que el campo laboral representa el 19% de la industria en la región de Lambayeque (Fernández, 2017).

Actualmente, la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L. es una empresa dedicada al procesamiento de diferentes mezclas de cereales como quinua, soya, kiwicha, cebada, avena y trigo, las cuales son enriquecidas con vitaminas y minerales cumpliendo con los requerimientos mínimos establecidos en la Resolución Ministerial 711-2002-SA/DM, pues la mayoría de los productos son destinados a programas sociales. Los problemas encontrados en la empresa reflejaron estar incrementando los costos, siendo la falta de planificación de los requerimientos de material, la falta de planificación de la producción, elevado requerimiento de horas extras, inadecuado uso de los equipos y la falta de capacitación de los trabajadores las causas más resaltantes que hacen que los costos se incrementen cada vez más, representando a su vez un riesgo para la empresa de estar propensa a parar la producción en cualquier momento por la falta de material y no cumplir con el pedido a tiempo.

1.2. Trabajos previos.

En Chile, la autora Díaz (2017) obtuvo una disminución de los costos de \$8.909.645 anuales, en su trabajo titulado “Propuesta de mejora a la gestión de abastecimiento para la empresa Ancora Chile S.A.” gracias a su plan de mejora propuesto, que tuvo como objetivo realizar un mejor abastecimiento de los

productos de la empresa a partir de la gestión de sus procesos, proveedores e inventario. La metodología que usó fue descriptiva y cuantitativa.

Con el propósito de analizar tanto los costos como los beneficios de invertir en un sistema de gestión de almacenes en la empresa Roland Digital Group, el autor Suvimol (2015), en su trabajo titulado “Cost- benefit analysis of investment in warehouse management system (WMS) A case study of Roland Digital Group (Thailand) LTD”, en Tailandia, aplicó una investigación de tipo cuantitativa y descriptiva, aplicando entrevistas, observaciones y estudios de tiempo en el área de almacén para así poder plantear su propuesta basada en la gestión de almacén, teniendo como resultados que esta permitía obtener un ahorro en los costos de operaciones de almacén y los costos de alquiler de ₪ 2, 244,088; sin embargo, la inversión en esta propuesta demostró no ser favorable pues el beneficio obtenido era mucho menor al costo que representaba su implementación, obteniéndose un rendimiento interno negativo de - 45%.

En “Rediseño de procesos para reducir costos mediante la disminución de los niveles de inventario de maderas Arauco S.A”, se realizó una investigación en Chile, con el objetivo rediseñar los procesos realizados en el inventario, y así disminuir los costos de la empresa. El autor Solari (2017) utilizó un tipo de investigación bibliográfica centrada en la gestión de operaciones, demostrando en sus resultados que logró disminuir el lead time de los productos, reduciendo a su vez el inventario anual de la empresa, que se traduce a una disminución de costos de \$1, 907, 603 dólares.

El autor Roca (2019), realizó una investigación en San Miguel, Perú, titulada “Programación de la producción en una empresa siderúrgica usando programación lineal entera mixta” con el objetivo de proponer un modelo basado en la programación lineal que permitiera reducir costos en la etapa de planificación, para la cual realizó entrevistas a los trabajadores donde se obtuvo como resultados en la prueba N°1 y N°2, un ahorro del 3% y 2.6% de los costos de consumo de material, y un ahorro en los costos de consumo energético de \$75,272 y \$105,734, así

mismo se redujo el consumo de ingredientes en 1,346TN y 1,905 TN respectivamente.

En Cajamarca, los autores Campos y Ricra (2017) utilizando un diseño de investigación experimental- exploratorio, aplicaron la programación lineal con el objetivo de conocer el impacto que tendría su ejecución en el proceso tanto de carguío como de acarreo en la mina Lagunas Norte, Cajamarca, logrando optimizar los costos en un 12,35% , demostrando que la aplicación de esta tuvo un impacto positivo en su investigación “Impacto de la programación lineal con el uso de solver en la optimización de las operaciones de cargío-acarreo de mineral en la mina Lagunas Norte, La Libertad, 2017”.

Pacahuala (2015) logró disminuir los costos de los procesos de perforación y voladura en un 10%, luego de actualizar los estándares en dichos procesos, en su tesis titulada “Reducción de costos operativos en desarrollos mediante actualización de estándares en perforación y voladura, caso de la empresa especializada Mincotrall S.R.L.”, realizada en Huancayo, donde tuvo como fin establecer cómo influía la aplicación de nuevos estándares, en los procesos antes mencionados para la disminución de sus costos. La metodología usada fue aplicativa y analítica.

En Pimentel, Incio y Vásquez (2016) en su investigación “Aplicación de la programación lineal para la reducción de costos en el área de producción de la empresa Agroindustrial Tumán S.A.A – 2016” , tuvieron como objetivo aplicar la programación lineal para realizar un programa de producción y así minimizar los costos de producción de la empresa empleando un diseño de investigación no experimental; así pues se elaboró la planificación de enero hasta agosto considerando la disponibilidad de recursos económicos, materiales y humanos de la empresa. Obteniendo como resultado al implementar el modelo de programación lineal a través del software TORA fue una disminución de costos a s/.8,094,408.23.

En el trabajo “Diseño de procesos de producción de kekitos y alfajores en el marco de lean manufacturing para reducir costos de producción en la panadería y

pastelería Rikitos SAC- Chiclayo 2014” que se realizó en Chiclayo, los autores Contreras y Sánchez (2016) con el objetivo de poder reducir el nivel de costos diseñando los procesos de alfajores y quequitos aplicando lean manufacturing en la empresa Rikitos S.A.C., usaron una metodología de investigación no experimental- descriptiva, logrando determinar que reducirían s/.1 337,45 nuevos soles al mes, gracias a la aplicación del diseño propuesto.

En el trabajo de estudio de tipo no experimental y descriptiva, realizado en Chiclayo, el autor Anaya (2017) demostró que con su propuesta lograría reducir los costos en S/.211030.8 nuevos soles por año, cumpliendo con su objetivo de reducir los costos a través del sistema diseñado aplicando la gestión de abastecimiento en su tesis titulada “Diseño de un sistema de gestión de abastecimiento para reducir los costos en la línea de banano congelado de la Empresa Procesadora Perú SAC– Chiclayo – Perú- 2017”

1.3. Teorías relacionadas al tema.

1.3.1. Planeación de la Producción aplicando Programación Lineal.

Pronósticos

Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008) indican que los pronósticos son fundamentales cuando se tiene el propósito de realizar una planificación, puesto que estos permiten la predicción de la demanda ya sea utilizando los datos históricos para luego ejecutar algún modelo matemático o basándose en el juicio de los clientes y la experiencia de la parte administrativa, o combinando ambas.

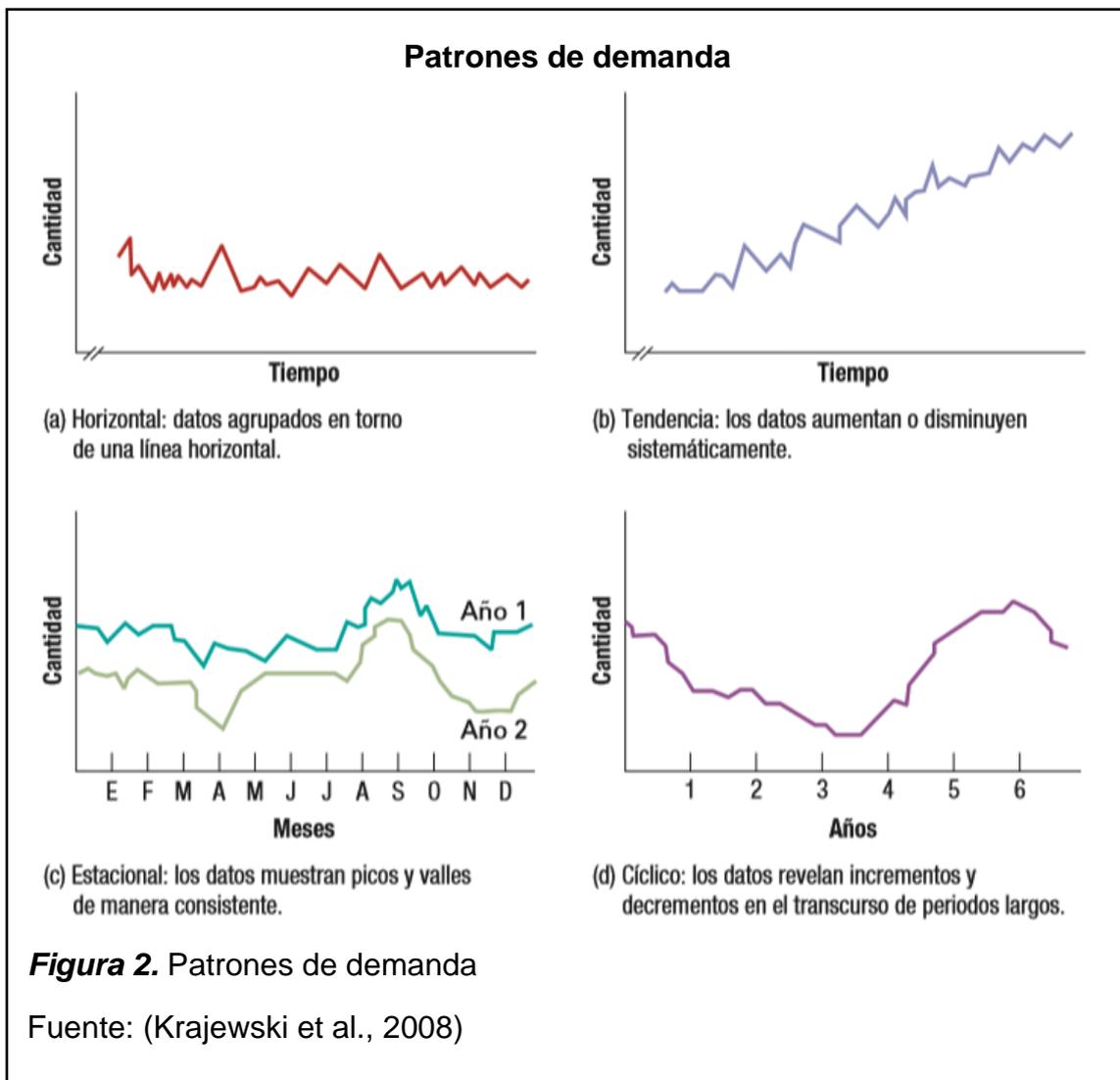
Siendo el comportamiento de los datos históricos aquel que proporciona comprender las condiciones que se tuvieron en el pasado y permite ajustar y predecir los escenarios a futuro (Sapag, 2011).

Patrones de demanda

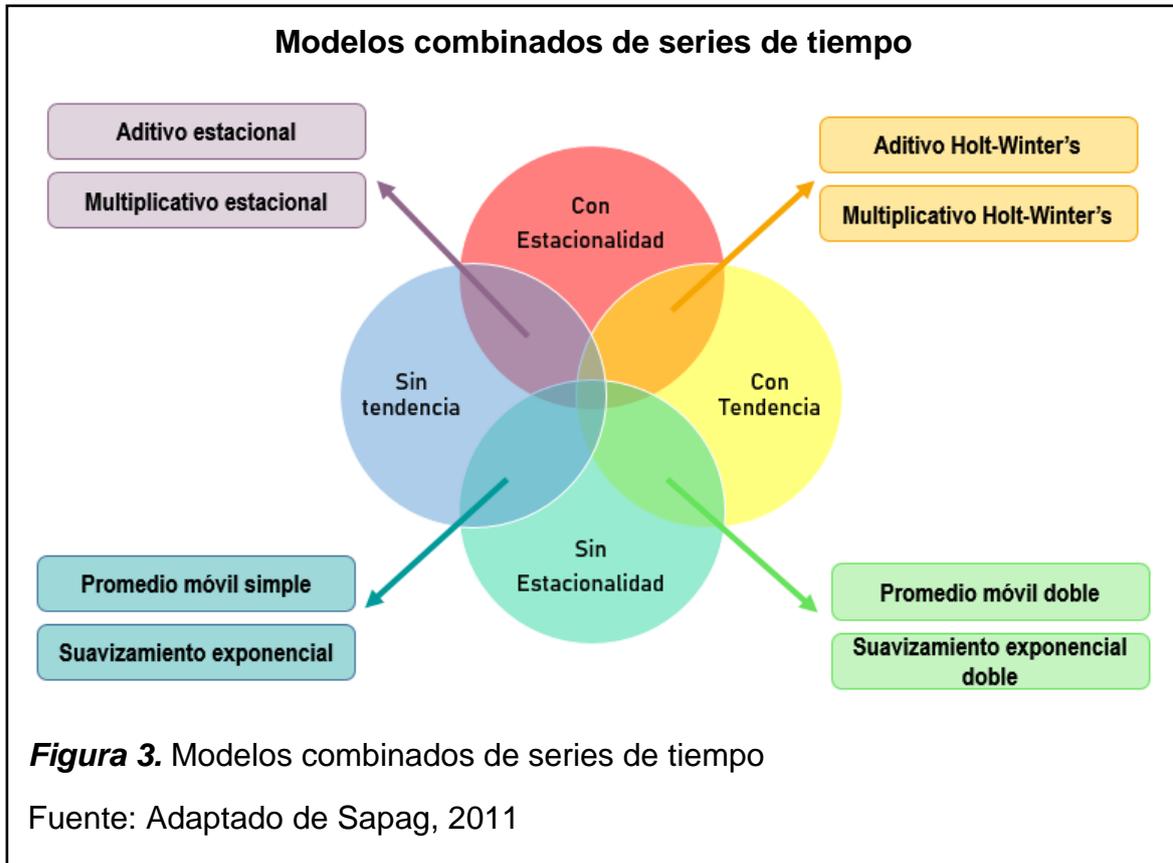
El comportamiento repetido que se observa en la demanda ya sea del bien o servicio se le conoce como serie de tiempo, y esta posee 5 patrones básicos: horizontal, de tendencia, estacional cíclico y aleatoria, siendo este último un patrón

no pronosticable ya que es desencadenado por causas inesperadas (Krajewski et al., 2008).

- a) **Horizontal**, los datos de la demanda tienen una media constante.
- b) **Tendencia**, los datos de la demanda se incrementan o decrecen sistemáticamente a través del tiempo.
- c) **Estacional**, los datos de la demanda decrecen o se incrementan siguiendo un patrón repetible dependiendo de la hora, día, semana, mes o temporada.
- d) **Cíclico**, los datos de la demanda decrecen o se incrementan gradualmente en periodos de tiempos largos, pudiendo ser años o decenios.
- e) **Aleatoria**, los datos de la demanda sufren variaciones fortuitas.



Además, existen 8 tipos de modelos de series de tiempo combinados basados en la estacionalidad y la tendencia para poder pronosticar la proyección de la demanda los cuales se aprecian en la figura 3 (Sapag, 2011).



Programación Lineal

De acuerdo con Hillier y Lieberman (2010) la programación lineal ha sido una herramienta con un gran potencial desde mediados del siglo veinte que ha ayudado a muchas empresas de diversos países a ahorrar dinero, ya que permite asignar óptimamente los recursos del sistema abordando el problema a través de un modelo matemático, además de poder gestionar adecuadamente la producción.

Castillo, Conejo, Pedregal, García y Alguacil (2002) afirman que la programación lineal es eficaz al momento de tomar decisiones, y además es aplicada en múltiples situaciones para solucionar diversos casos tales como el de la planificación de la producción.

Además, es una herramienta que permite asignar eficazmente los recursos, teniendo en cuenta las capacidades limitantes de la empresa, cumpliendo así con las metas trazadas y optimizando a su vez beneficios o costos (Bernabé, 2009; Hillier y Lieberman, 2010).

Elementos de la programación lineal

a. Parámetros

Según Moya (2011) los parámetros vienen a ser aquellos valores que se conocen, y que tienen relación tanto con las variables de decisión, como con las restricciones y la función objetivo; siendo estos valores de relevancia para la formación del modelo. Por ejemplo: la demanda que se tiene de un determinado producto, los costos del producto, la disponibilidad de un recurso limitado.

b. Variables de decisión

Estos valores son aquellos que se pueden controlar, y que suelen cambiar a medida que varían los acontecimientos en la programación lineal (Krajewski et al., 2008). Además, estos valores son los que se llegarán a conocer a través de la solución del problema (Moya, 2011).

c. Función objetivo

Es lo que buscamos mejorar en la empresa, teniendo en cuenta el problema de estudio, y podrá expresarse en términos de maximizar ingresos o en la minimización de costos totales (Moya, 2011).

Por ejemplo, si se trabaja en minimizar los costos de un producto, en la función estarían presentes los costos que se generan para producir dicho producto, y la cantidad que se requiere.

d. Restricciones funcionales

Son las limitaciones de los recursos del sistema en estudio, y que sirven como base para alcanzar la solución óptima, pudiendo ser restricciones de capacidad de producción, fuerza laboral, materiales, horas disponibles, entre otros (Moya, 2011).

De acuerdo con Krajewski et al. (2008) para una restricción, las cantidades obtenidas en la solución y que sean menores a la limitación, es conocida como holgura.

e. Restricciones de no negatividad

Son aquellas restricciones que permiten aclarar la condición del valor de algunas variables las cuales no pueden ser negativas (Moya, 2011).

En el siguiente ejemplo donde un comerciante va a comprar dos tipos de producto: A con un costo de S/.3 por kg y B con un costo de S/.7 por kilogramo. Necesita saber cuánto debería comprar de cada producto, si planea vender “A” a S/. 6 por kilogramo y “B” a un costo de s/. 9 por kg, y además se sabe que cuenta con un presupuesto de S/. 5000 y un carro que como máximo puede llevar 666 kg. Los elementos del problema de programación lineal quedarían representados de la siguiente manera:

Parámetros

Costo de producto A = S/. 3

Costo de producto B = S/.7

Precio de venta de producto A = S/. 6

Precio de venta de producto B = S/. 9

Utilidad de producto A = S/. 3

Utilidad de producto B = S/. 2

Presupuesto disponible = S/. 5000

Capacidad de carro = 666 kg

Variables de decisión

X_1 = Cantidad de producto “A” a comprar

X_2 = Cantidad de producto “B” a comprar

Función objetivo

La función objetivo sería maximizar la utilidad que se obtiene de A y B.

Z (maximizar) = $3 X_1 + 2 X_2$

Restricciones

La función objetivo estaría sujeta a las siguientes restricciones

$$3 X_1 + 7 X_2 \leq 5000 \text{ (Dinero disponible para comprar)}$$

$$X_1 + X_2 \leq 666 \text{ (Capacidad de carro)}$$

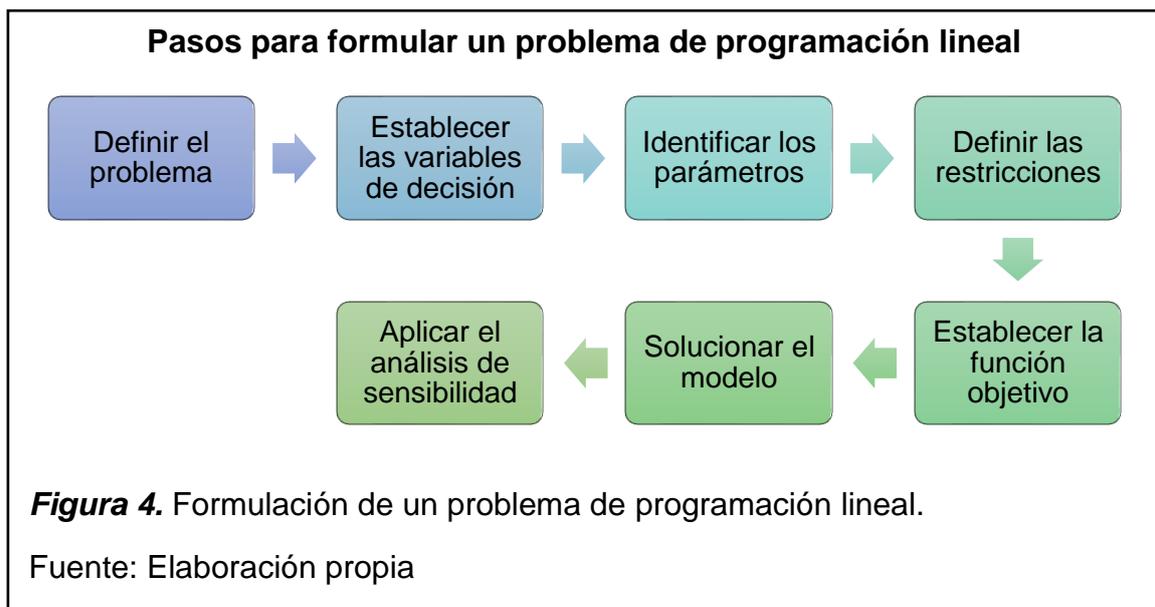
$$X_1 \geq 0 \text{ (Restricción de no negatividad)}$$

$$X_2 \geq 0 \text{ (Restricción de no negatividad)}$$

Pasos para formular el problema de programación lineal

De acuerdo con Taha (2012) los pasos generales para realizar el problema de programación lineal constan de 7 fases principales.

- a) Definir el problema a optimizar.
- b) Establecer las variables de decisión.
- c) Identificar los parámetros.
- d) Definir las restricciones.
- e) Establecer la función objetivo
- f) Solucionar el modelo
- g) Aplicar el análisis de sensibilidad



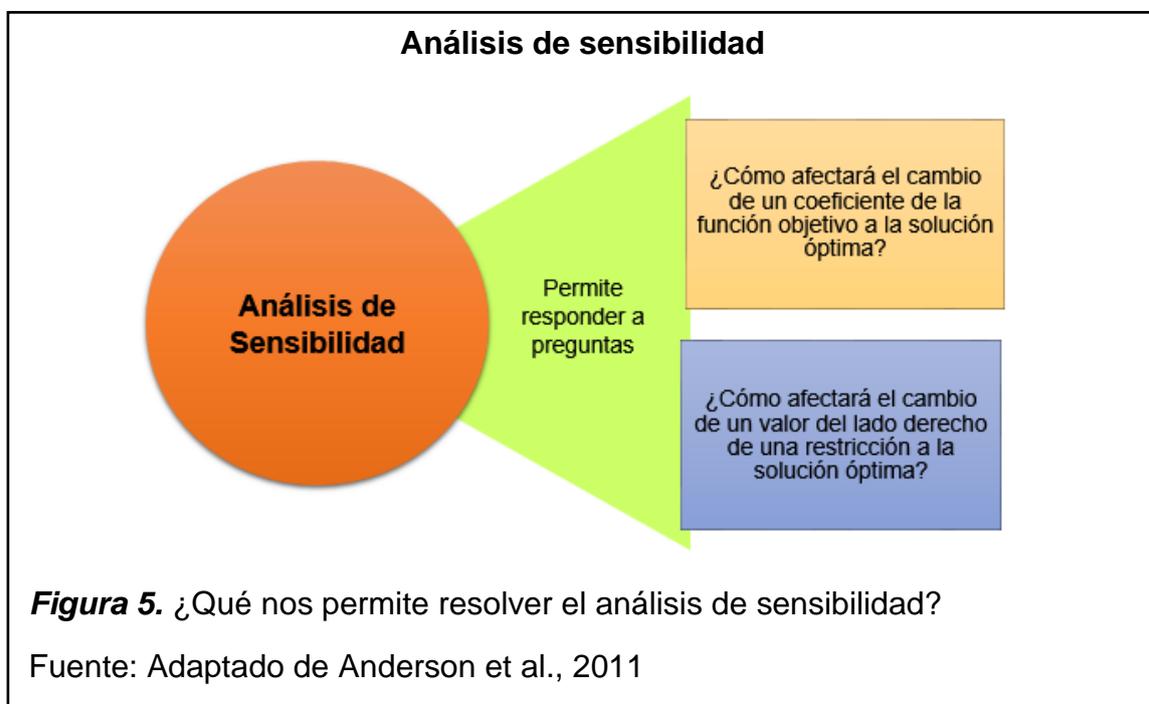
Programación lineal entera

Un problema de programación lineal entera hace alusión cuando en el problema a solucionar algunas o todas las variables deberán tomar valores enteros, pudiéndose clasificar en tres tipos de acuerdo a los valores tomados por las variables utilizadas (Fernández y Zelaia, 2011).

- a) **Pura**, si las variables solo toman valores enteros.
- b) **Mixta**, si algunas variables toman valores continuos y otros enteros
- c) **Binaria**, si las variables solo pueden tomar valores de 0 y 1.

Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad refleja el panorama de cómo afectaría el cambio de coeficientes a la solución óptima de un problema de programación lineal, por lo cual a este análisis también se le conoce como análisis de post-optimalidad y juega un papel clave en conjunto con la interpretación de la solución óptima, pues nos permite saber cómo responder frente a un entorno que no permanece estático. (Anderson, Sweeney, Williams, Camm y Martin, 2011)



De acuerdo a Fernández y Zelaia (2011) el análisis de sensibilidad se realiza luego de haber obtenido la solución óptima del problema de programación lineal con la finalidad de encontrar el cambio que podría haber en la solución óptima

calculada, a consecuencia de variar los valores de los parámetros ya sea de recursos, costos o introduciendo nuevas variables.

1.3.2. Optimización de costos.

Según Rivero (2013), define como costo a todo aquello que puede ser cuantificado y que es empleado en la producción para transformarlo ya sea en un bien o un servicio el cual traerá una retribución a la organización.

Costos totales de producción

De acuerdo a Rivero (2013) “en una empresa industrial, todo lo que se origine, ya sea de manera directa o indirecta, en la fábrica o planta de producción se considerará costo de producción” (p. 33). Siendo representado por la sumatoria de los costos directos y costos indirectos de fabricación.

Costo total de producción= Costos de materiales directos+ Costos de mano de obra directa + Costos indirectos de fabricación

a) Costos de materiales directos

Según Cholvis (citado en Flores, 2008), estos costos engloban a los materiales y materia prima que se emplean para la fabricación de un producto, y que se pueden individualizar con precisión.

b) Costos de mano de obra directa

Estos costos equivalen al trabajo humano que es requerido para la transformación de los productos, y equivalen generalmente a la remuneración hacia los operarios. (Rivero, 2013)

c) Costos indirectos de fabricación

c.1) Costos de Materiales indirectos

Son aquellos costos que se incurren al utilizar materiales que no son inherentes al producto, pero son requeridos en la etapa de producción

c.2) Costos de Mano de obra indirecta

Son aquellos costos que se conforman con la remuneración del personal que no interviene directamente en la producción

Otros costos de indirectos fabricación: servicios públicos, depreciación, alquiler, seguridad, etc.

1.4. Formulación del problema.

¿La planeación de la producción aplicando la programación lineal permitirá la optimización de costos en la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L.?

1.5. Justificación e importancia del estudio.

La presente investigación es elaborada porque se pretende resolver los problemas respecto a la planificación de la producción brindando a la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L una alternativa de solución que le permita asignar sus recursos de manera eficiente para optimizar sus costos productivos, y planear su producción de manera eficaz, cumpliendo con el tiempo y la cantidad demandada por sus clientes, y manteniendo su competitividad en el mercado. Además, de esta manera logrará mejorar su rendimiento económico teniendo mayores ganancias debido a la optimización de sus costos.

A su vez, se pretende que otras empresas puedan considerar como una alternativa a la programación lineal dentro de sus procesos productivos para mejorar sus resultados, perfeccionando el control de sus costos y manejando eficazmente sus recursos, lo cual tendrá repercusión en la competitividad del país.

Así mismo, este trabajo pretende contribuir al campo de la investigación de operaciones, resaltando a la programación lineal como un poderoso instrumento de optimización para las empresas de diferentes sectores al momento de planificar su producción.

1.6. Hipótesis.

La planeación de la producción aplicando la programación lineal permite la optimización de costos en la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivos General.

Planear la producción aplicando la programación lineal para optimizar los costos de la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L.

1.7.2. Objetivos Específicos.

- a.** Determinar la situación actual de los costos de la empresa.
- b.** Definir las variables, parámetros, función objetivo y las restricciones que tiene la empresa para aplicar la programación lineal en el planeamiento de la producción.
- c.** Determinar si los costos son optimizados con la alternativa propuesta.
- d.** Evaluar el beneficio-costos después de aplicar la planeación de la producción aplicando la programación lineal.

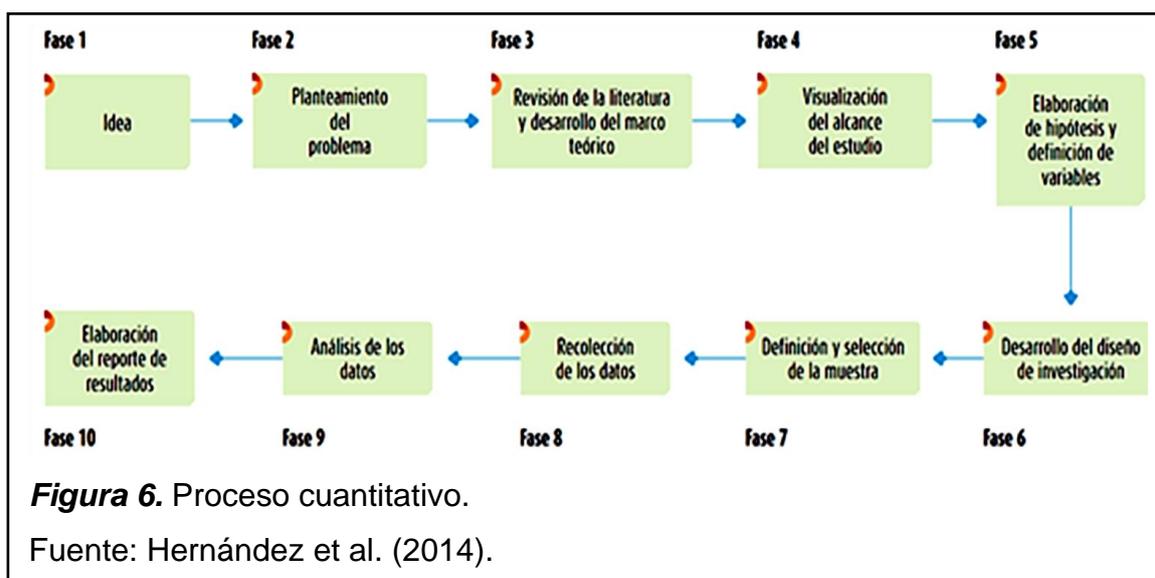
CAPITULO II:
MATERIAL Y MÉTODO

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.2. Tipo y diseño de Investigación.

El tipo de investigación fue descriptiva, pues se expuso la situación de la empresa detallando los procesos, costos, o cualquier información que se analizó (Hernández, Fernández y Baptista, 2014); y a su vez, fue aplicada, pues se colocó en práctica los conocimientos adquiridos y la información que se obtuvo de la consulta de fuentes bibliográficas relacionadas con las variables de investigación.

El enfoque fue cuantitativo, ya que la información recolectada sirvió para probar la hipótesis propuesta a través de un análisis estadístico (Hernández et al., 2014).



Por otro lado, el diseño fue no experimental debido a que las variables en estudio no fueron manipuladas, y solo se observó y analizó su desenvolvimiento de manera natural para luego proponer una alternativa de solución para la problemática encontrada (Hernández et al., 2014). Y fue de tipo transversal ya que este tipo de investigación no experimental se da según Liu y Tucker (citado en Hernández et al., 2014) cuando los datos son recogidos en un solo momento.

2.2. Población y muestra.

Población

Hace referencia a la totalidad de fenómenos o elementos que se dan dentro de nuestro estudio (Cerde, 1991). La población del presente estudio estuvo representada por la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L.

Muestra

Según Cerda (1991) la muestra forma parte de la población, y es representativa para poder describir los fenómenos estudiados. El tipo de muestreo que se realizó fue de tipo no probabilístico intencional, ya que se escogió la muestra con la información que fue de mayor relevancia para la investigación de manera intencionada. (Hernández et al., 2014)

La muestra del presente estudio estuvo representada por los 22 trabajadores de producción que conforman las diferentes áreas de acondicionamiento, área de envasado y área de proceso de la empresa.

Tabla 3

Muestra

Personal	cantidad
Operarios de proceso	7
Operarios de envasado	12
Operarios de mantenimiento	3

2.3. Variables, Operacionalización.

2.3.1. Variables.

Independiente.

Planeación de la producción aplicando programación lineal

Dependiente

Optimización de Costos

2.3.2. Operacionalización de variables.

Tabla 4

Operacionalización de variable independiente

Variable Independiente	Dimensión	Indicadores	Técnica e instrumento de recolección de datos
Planeación de la producción aplicando programación lineal	Pronóstico	Producción /mes	Observación/Guía de Observación
	Mano de Obra	Horas hombre/turno	
		Nº de Horas extra	
	Maquinaria	Horas máquina/ producto	Análisis documentario/Guía de análisis documentario
	Capacidad productiva	Capacidad instalada	
			Porcentaje de MP/producto
	Materiales	Kg de materia prima/mes	Encuesta/ Cuestionario
		Inventario de producto terminado	

Tabla 5*Operacionalización de variable dependiente*

Variable Dependiente	Dimensión	Indicadores	Técnica e instrumento de recolección de datos
Optimización de Costos	Mano de Obra	Costos de Mano de obra directa Costos de horas extras	Análisis documental/ Guía de análisis documental
	Materia Prima Directa	Costos de materia prima	
	Costos indirectos de fabricación	Costos de mano de obra indirecta	
		Costos de transporte	
		Costos de inventario	
	Costos de materiales indirectos		
		Costos de servicios básicos	

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

a. La entrevista.

Es una técnica donde se realiza una interacción verbal para abordar una serie de preguntas que permitirán obtener datos sobre el problema de estudio. (Cerde, 1991). Para la aplicación de esta técnica se hizo uso de una guía de entrevista, la cual contenía las preguntas a realizar, para obtener la diversa información requerida.

b. Encuesta

Es una técnica donde se realiza una serie de preguntas de tipo generalmente cerradas, para obtener información relevante para el objeto de estudio. Para la aplicación de esta técnica se usó un cuestionario conformado por 10 preguntas.

c. Análisis documental

Es una técnica donde se reúne la información de documentos que han sido realizadas por otras fuentes, de tal manera que al final se pueda analizar e interpretar los datos, para usarla de apoyo (Cerde, 1991). Para esta técnica se usó una guía de análisis de documentos, donde se tomó nota de la información relevante para el trabajo de estudio.

d. Observación

Esta técnica es clave, ya que a través de ella se pretende recoger los datos actuales de la organización que estén visibles al investigador, para lo cual se hizo uso de una guía de observación, donde se tomó nota de todos los hechos e información que el investigador determinó relevante para el trabajo de investigación.

2.4.2. Validez de los instrumentos.

Para validar los instrumentos se utilizó la técnica de juicio de expertos, donde se recurrió a especialistas de la escuela de ingeniería industrial conocedores del tema de investigación para su validación.

2.4.3. Confiabilidad de los instrumentos.

Hace alusión al grado con que se producen resultados coherentes y consistentes a raíz de los instrumentos empleados, es decir, que dichos instrumentos, podrán ser aplicados de manera repetida al mismo objeto de estudio en distintas ocasiones, obteniendo resultados similares que se encuentren dentro de un rango razonable (Hernández et. Al, 2014). Se utilizó la técnica de Alfa de Cronbach.

Los resultados obtenidos respecto al coeficiente del alfa de Cronbach, fue de 0.8733 lo cual refleja una confiabilidad alta para su aplicación. El número de elementos fue de 10, este hace referencia al número de preguntas del cuestionario.

Tabla 6

Estadístico de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Número de elementos
0.8733	10

2.5. Procedimientos de análisis de datos.

Se comenzó el estudio realizando la determinación de la situación actual de la empresa enfocado al área de producción haciendo uso de las técnicas de investigación (observación, encuesta, entrevista y análisis documental) con sus respectivos instrumentos; luego, se pasó a analizar e interpretar los resultados obtenidos y se usó un diagrama de Ishikawa.

Posteriormente, se pasó a plantear la propuesta de mejora de acuerdo a los problemas principales, la cual consistió en la planeación de la producción haciendo uso de la programación lineal.

Para lo cual se realizaron las proyecciones de demanda, a partir del histórico de la venta de los productos desde el año 2016 al 2019, dicha información fue procesada en el software Crystal Ball para obtener los modelos de pronósticos más adecuados para cada uno de los productos.

De manera siguiente, se usó el programa de complemento de Excel, Open Solver, empleando información de las cantidades de recursos requeridos para cada uno de los productos, horas hombre, horas máquina, porcentajes establecidos para la formulación de los productos, capacidad productiva, disponibilidad de recursos, y los diferentes costos que implica la producción, estableciendo así las variables de decisión, parámetros, restricciones y función objetivo necesarios para el problema de programación lineal entera mixta, determinando la cantidad a producir, cantidad de inventario y horas extras necesarias en cada periodo de tal manera que se minimizaran los costos.

Al obtener los resultados de la propuesta de mejora basada en la programación lineal, se analizó si los costos fueron optimizados, comparando los costos obtenidos con la propuesta con las del año anterior.

Finalmente, se realizó un análisis de beneficio/ costo a los resultados obtenidos luego de aplicar la programación lineal para la planeación de la producción.

2.6. Criterios éticos.

Al realizar el presente estudio se tuvo en cuenta de acuerdo con Norena, Alcaraz, Rojas y Rebolledo (2012) los siguientes aspectos éticos los cuales se respetaron durante todo el proceso de la investigación.

a. Consentimiento informado

Los involucrados en el estudio deberán estar de acuerdo en brindar la información necesaria, como conocer cuáles son sus derechos.

b. Confidencialidad

Se debe guardar discreción para con los informantes, asegurando de esta manera su identidad.

c. Observación participante

La persona a cargo de la investigación deberá participar con responsabilidad al momento de realizar el estudio.

d. Entrevistas

Al momento de realizar las entrevistas no se deberá influenciar en el sujeto, con lo cual pueda modificar sus respuestas.

2.7. Criterios de rigor científico.

2.7.1. Validez.

De acuerdo con Norena et al. (2012) el criterio de validez hace referencia al “grado de fidelidad con que se muestra el fenómeno investigado.” (p.267) permitiendo que otros investigadores puedan tener resultados parecidos en otras circunstancias similares.

2.7.2. Fiabilidad o consistencia.

La fiabilidad o consistencia hace alusión a la forma en que podemos volver a repetir un estudio siguiendo los mismos pasos de otro. Según Norena et al. (2012) este criterio permite asegurar que los resultados son verdaderos, y que los resultados obtenidos se obtuvieron al margen de las circunstancias de la investigación.

2.7.3. Credibilidad o valor de la verdad.

Es aquel criterio que permite evidenciar a los fenómenos estudiados tal y como fueron percibidos por los diferentes sujetos que participaron en el estudio, y además que los resultados y hallazgos del estudio son aceptados como auténticos por los mismos (Norena et al., 2012).

CAPITULO III:

RESULTADOS

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la empresa

3.1.1. Información general.

La empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L. es una empresa dedicada al procesamiento de diferentes mezclas de cereales como quinua, kiwicha, avena, soya, cebada y trigo, las cuales son enriquecidas con proteínas y minerales; siendo sus diversos productos dirigidos principalmente a comedores populares y programas sociales como Vaso de Leche y Qali Warma.

Tabla 7

Información de la empresa

Información de la empresa	
Razón social	Producciones Nacionales TC E.I.R.L.
RUC	20480248580
Localización	Manzana M-Lote 15- Urbanización La parada- Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo.
Actividad Económica	Procesamiento y comercialización de mezclas de cereales como avena, quinua, kiwicha, trigo, y soya, enriquecida con vitaminas y minerales.

Fuente: La empresa.

Descripción del producto

La empresa tiene 5 presentaciones de mezcla de cereal enriquecida con vitaminas y minerales en presentaciones de 1kg las cuales son envasadas en bolsas de polietileno.

Producto 1: Hojuelas de Avena, trigo y harina de kiwicha, enriquecida con Vitaminas y Minerales.

Producto 2: Hojuelas de avena, quinua, cebada, soya y harina de kiwicha, enriquecida con vitaminas y minerales.

Producto 3: Hojuelas de avena, quinua y trigo, enriquecida con vitaminas y minerales.

Producto 4: Hojuelas de quinua, cebada, trigo y harina de kiwicha, enriquecida con vitaminas y minerales.

Producto 5: Hojuelas de avena, quinua, soya y harina de cebada y Kiwicha, enriquecida con vitaminas y minerales.

A continuación, se presenta los porcentajes establecidos para la presentación de 1 kg de cada producto.

Tabla 8

Formulación de los productos por kg

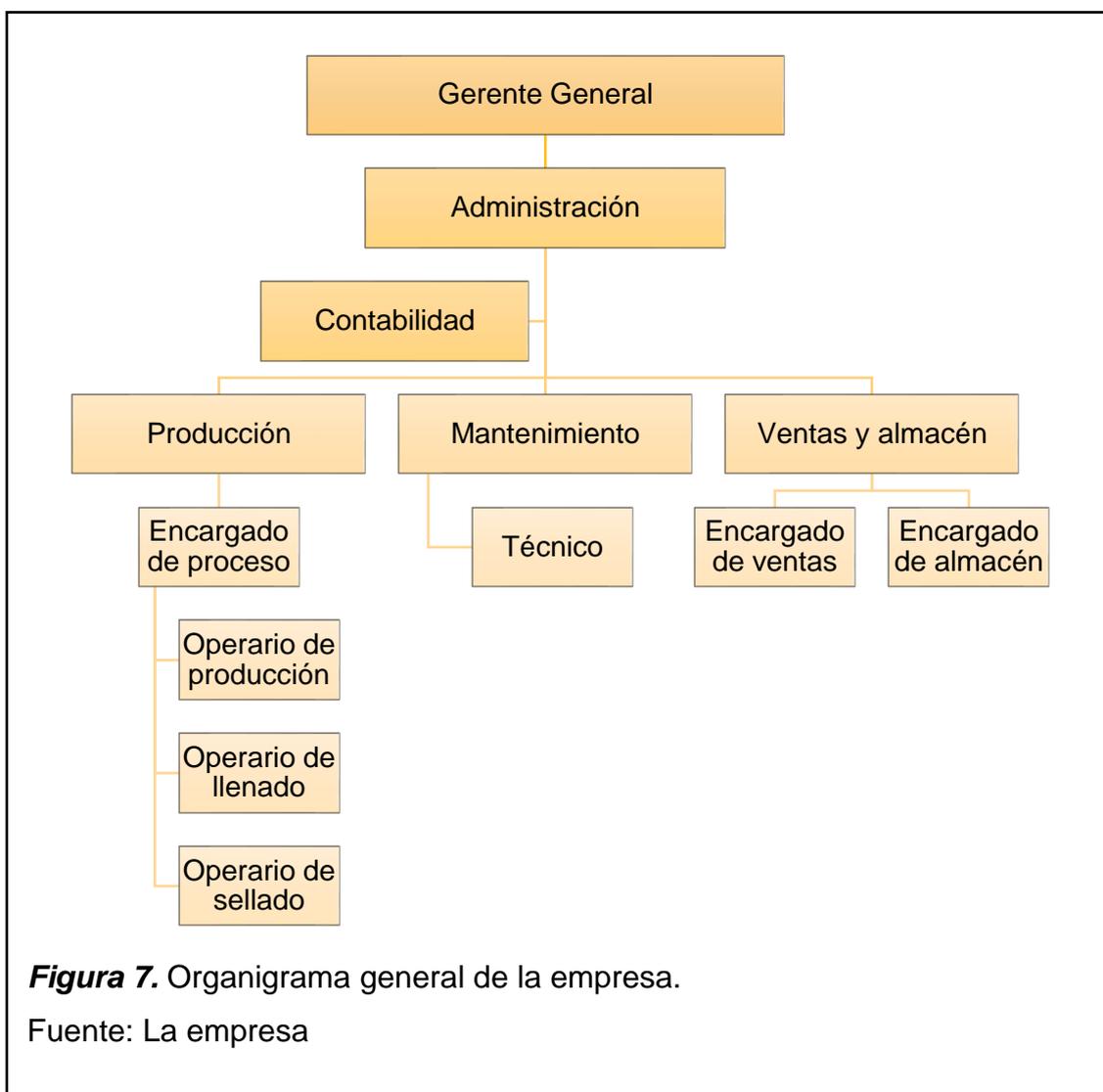
Alimento	P1	P2	P3	P4	P5
Trigo	22.86%		25.00%	22.22%	
Avena	22.86%	26.83%	25.00%		30.20%
Kiwicha	22.86%	9.76%		18.52%	10.07%
Quinua		24.39%	25.00%	29.63%	27.85%
Soya		12.20%			13.42%
Enriquecimiento	8.57%	7.32%	25.00%		8.39%
Cañihua	22.86%	9.76%			
Cebada		7.32%		29.63%	10.07%

Fuente: La empresa

Vida útil del producto

Conservado en un ambiente fresco y seco, el periodo de vida útil del producto es de 12 meses, a partir de la fecha de producción. Una vez abierto debe conservarse en refrigeración.

Organigrama general:



Principales clientes

Tabla 9

Cientes de la empresa.

Cientes	
Municipalidades	<p>Lambayeque: Chiclayo, Chongoyape, Jayanca, Mocupe, Motupe, Monsefú, Reque, San José, Salas, Zaña</p> <p>Cajamarca: Jaén, Chota, Huambos, Conchán</p> <p>La Libertad: Guadalupe</p>

Fuente: La empresa

Proveedores

Tabla 10

Proveedores de la empresa.

Principales Proveedores de cereal
Santa Catalina
Grano de oro
Agricultores de la zona

Fuente: La empresa

Mano de obra directa

La empresa cuenta con 22 trabajadores en total en el área productiva: 7 trabajadores en producción, 12 trabajadores en envasado, y 3 trabajadores de mantenimiento. Los cuales trabajan 6 días a la semana, en dos turnos, que suman 8 horas.

Tabla 11

Horario de trabajo.

Días laborables	Horario de trabajo	Horas/ día
Lunes- sábado	8:00 am – 1:00pm	5
	2:00pm – 5:00pm	3

Fuente: La empresa

Tabla 12

Mano de obra directa

Personal	cantidad	sueldo	costo por hora extra
Operarios de producción	7	S/ 1,071.00	S/ 9.50
Operarios de envasado	12	S/ 1,071.00	S/ 9.50
Operarios de mantenimiento	3	S/ 1,130.50	S/ 9.00

Fuente: La empresa

Mano de obra indirecta

Tabla 13

Mano de obra indirecta

Personal	cantidad	sueldo	
Jefe de producción	1	S/	2,500.00
Jefe de almacén	1	S/	2,000.00
Jefe de logística	1	S/	2,000.00
Jefe de mantenimiento	1	S/	1,950.00
Total	4	S/	8,450.00

Fuente: La empresa

Capacidad productiva

La capacidad productiva varía de acuerdo a la cantidad de pedido que se tenga por parte de los clientes. De acuerdo con el informe técnico productivo realizado a la planta se cuenta con:

$$0.8 \text{ t/h} = 6.4 \text{ t/día}$$

Materiales directos

Tabla 14

Materia prima-insumos

Alimento	unidad	Costos/kg	
Trigo	Kg	S/	2.00
Avena	Kg	S/	1.00
Kiwicha	Kg	S/	3.50
Quinoa	Kg	S/	3.50
Soya	Kg	S/	7.20
Enriquecimiento	Kg	S/	20.00
Cañihua	Kg	S/	4.30

Cebada kg S/ 2.00

Fuente: La empresa

Costos de transporte de materia prima

Las hojuelas de quinua son traídas desde Lima, realizándose el pedido teniendo en cuenta el requerimiento de este alimento para la cantidad de producto a producir. El costo por kg es de S/. 0.25

Tabla 15

Costos de transporte

Concepto	Costo por kilogramo
Transporte de quinua	S/ 0.25

Fuente: La empresa

Materiales indirectos

Los materiales indirectos son usados para el envasado del producto. En un saco son colocadas 40 unidades de producto de 1kg.

Tabla 16

Materiales indirectos

Material	unidad	costo unitario
Hilo	rollo	S/ 15.00
Saco(1/40u)	unidad	S/ 0.50
Bolsa	unidad	S/ 0.35

Fuente: La empresa

Maquinaria

Tabla 17

Maquinaria

Sección	Equipo	Cantidad
Área de acondicionamiento	Seleccionadora	1
	Pulidora	2

	Peladora	1
	Tostadora	1
Tabla17 (continuación)		
	Molino	2
	Molino	1
Área de proceso	Laminadoras	2
	Mezcladora Horizontal	1
	Lavadora centrifuga	1
	Balanzas	6
Área de envasado	Selladoras manuales	10

Fuente: La empresa

3.1.2. Descripción del proceso productivo.

Producto 1: Hojuelas de Avena, trigo y harina de kiwicha, enriquecida con Vitaminas y Minerales

a. Pesado

Se pesan la avena, trigo, kiwicha y enriquecimiento para el producto, de acuerdo a la formulación establecida.

b. Despedrado

En este proceso el operario coloca los cereales en unas tolvas limpiadoras, en donde se eliminan las impurezas (pajillas, piedras, etc.) de los cereales.

c. Escarificado

En este proceso el cereal es descascarado, y a través del raspado de los granos se le da aspecto más liso y limpio.

d. Laminado

En este proceso, los granos de cereal son colocados en la maquina laminadora, para la conversión de estos en hojuelas, llenando al final sacos de 50kg. Aquí se tiene en cuenta los parámetros establecidos de tamaño y textura para la hojuela.

e. Molienda

La Kiwicha es colocada en el molino, para que esta sea pulverizada. El tiempo de proceso de molienda se realiza por 7 minutos. La kiwicha transformada en harina es colocada en sacos de 50kg.

f. Mezclado

En este proceso el operario ingresa a la mezcladora vertical, tanto los cereales procesados como el enriquecimiento, por un tiempo de 20 minutos por tanda de 400kg. Luego, el operario descarga la mezcla, en 4 carretillas de acero de 100kg y las traslada al área de envasado, y es colocada en las mesas de acero.

g. Envasado

En este proceso el operario coloca la mezcla en bolsas de polietileno de alta densidad de 2.5 milésimas de pulgada de espesor.

h. Sellado

El operario en este proceso, quita el aire de la bolsa, y con la ayuda de la selladora manual cierra el producto.

i. Embalaje

Aquí el operario coloca en sacos de polipropileno de mediana densidad de 3.5 milésimas de pulgadas de espesor 40 bolsas del producto en la presentación de 1kg, asegurando a su vez, que el producto no tenga defectos.

j. Almacenado

Los sacos son colocados en parihuelas en un ambiente ventilado y seco para su conservación.

Diagrama de operaciones del producto 1

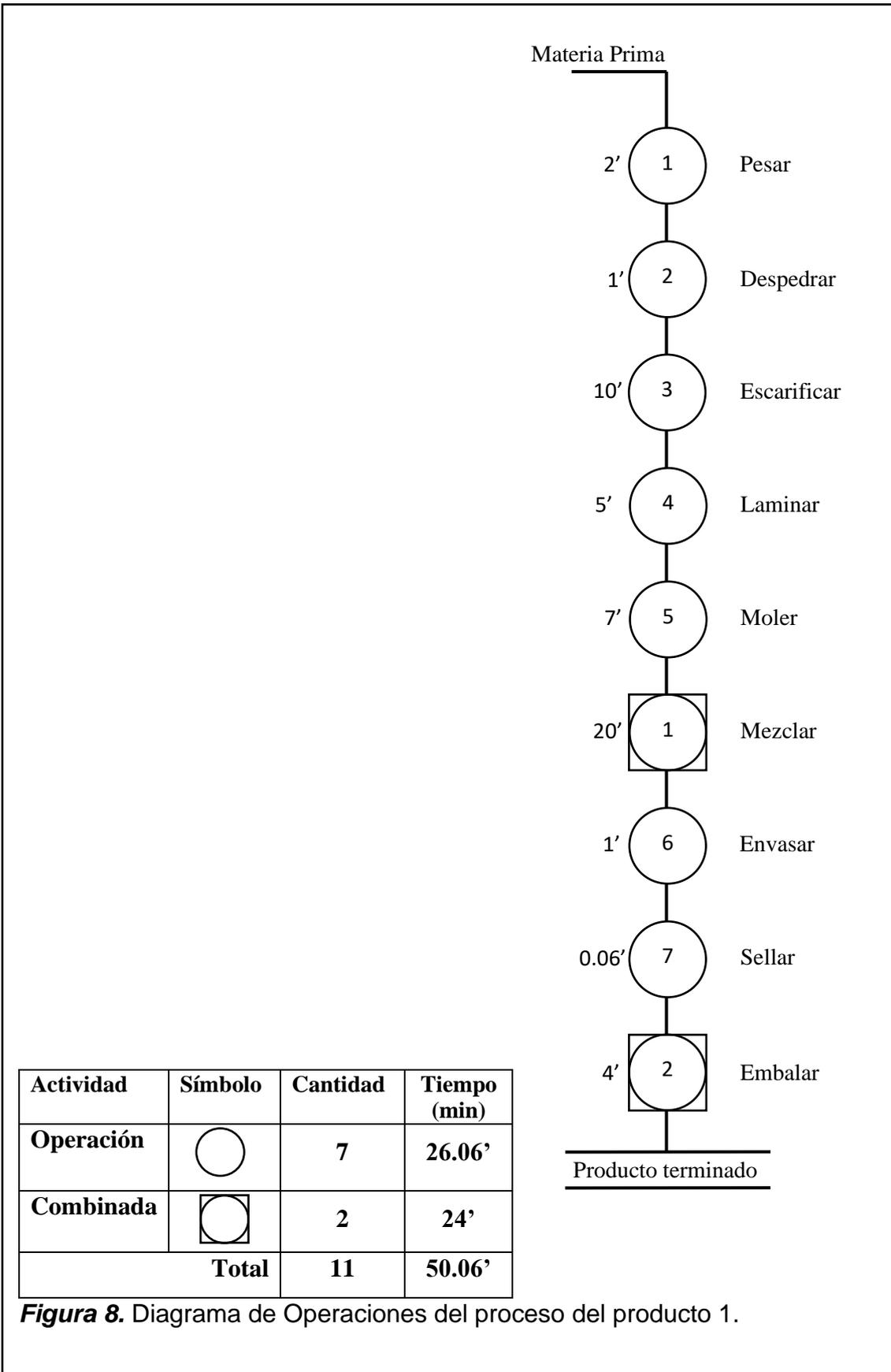


Figura 8. Diagrama de Operaciones del proceso del producto 1.

Diagrama de análisis de operaciones del producto 1

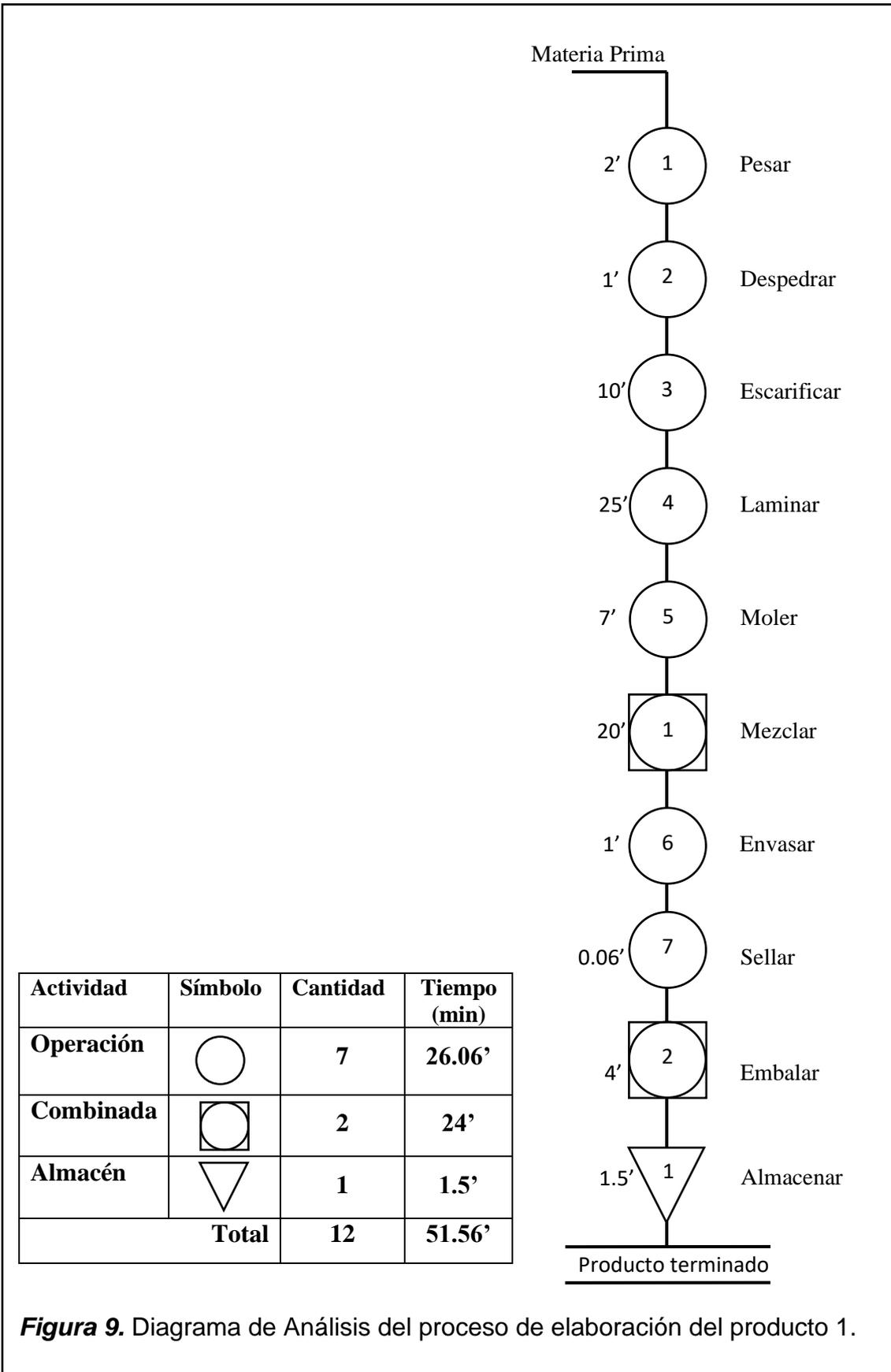


Figura 9. Diagrama de Análisis del proceso de elaboración del producto 1.

Producto 2: Hojuelas de avena, quinua, cebada, soya y harina de kiwicha, enriquecida con vitaminas y minerales

a. Pesado

Se pesan la avena, quinua, kiwicha, soya y enriquecimiento para el producto, de acuerdo a la formulación establecida.

b. Despedrado

En este proceso el operario coloca la materia prima en unas tolvas limpiadoras, en donde se eliminan las impurezas (pajillas, piedras, etc.) de los cereales.

c. Lavado

La quinua, después del despedrado es lavada para la eliminación de saponinas.

d. Secado

La quinua que ha sido lavada se seca para luego entrar al proceso de escarificado

e. Escarificado

En este proceso el cereal es descascarado, y a través del raspado de los granos se le da aspecto un más liso y limpio.

f. Laminado

En este proceso, los granos de avena, quinua, kiwicha, cebada, soya son colocados en la maquina laminadora, para la conversión de estos en hojuelas, llenando al final sacos de 50kg. Aquí se tiene en cuenta los parámetros establecidos de tamaño y textura para la hojuela.

g. Molienda

La Kiwicha es colocada en el molino, para que esta sea pulverizada. El tiempo de proceso de molienda se realiza por 7 minutos. La kiwicha transformada en harina es colocada en sacos de 50kg.

h. Mezclado

En este proceso el operario ingresa en la mezcladora vertical, tanto los cereales procesados como el enriquecimiento, por un tiempo de 20 minutos. Luego, el operario descarga la mezcla, en 4 carretillas de acero de 100kg y las traslada al área de envasado, y es colocada en las mesas de acero.

i. Envasado

En este proceso el operario coloca la mezcla en bolsas de polietileno de alta densidad de 2.5 milésimas de pulgada de espesor.

j. Sellado

El operario en este proceso, quita el aire de la bolsa, y con la ayuda de la selladora manual cierra el producto.

k. Embalaje

Aquí el operario coloca en sacos de polipropileno de mediana densidad de 3.5 milésimas de pulgadas de espesor 40 bolsas del producto en la presentación de 1kg, asegurando a su vez, que el producto no tenga defectos.

l. Almacenado

Los sacos son colocados en parihuelas en un ambiente ventilado y seco para su conservación.

Diagrama de operaciones del producto 2

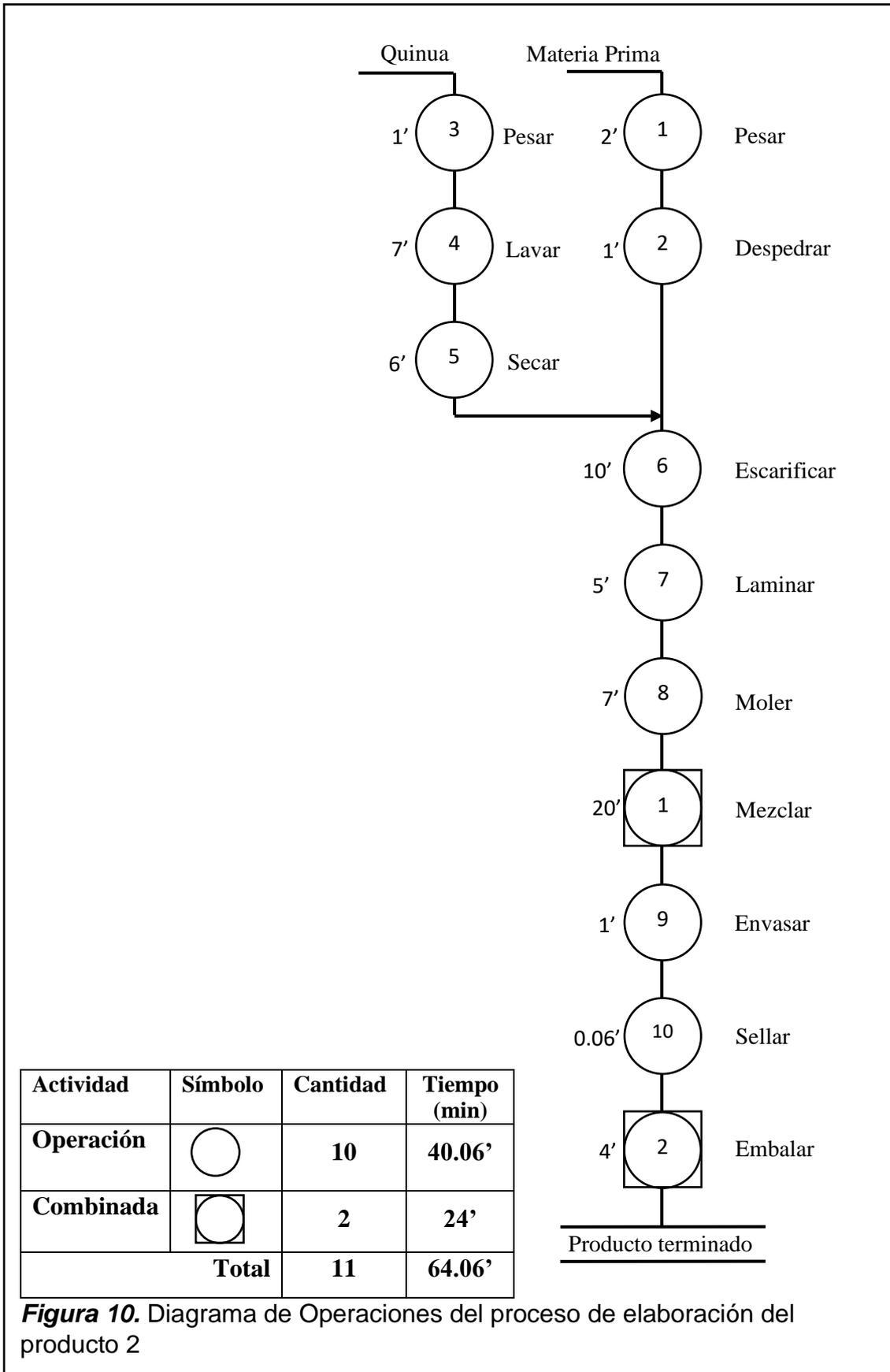


Figura 10. Diagrama de Operaciones del proceso de elaboración del producto 2

Diagrama de análisis de operaciones del producto 2

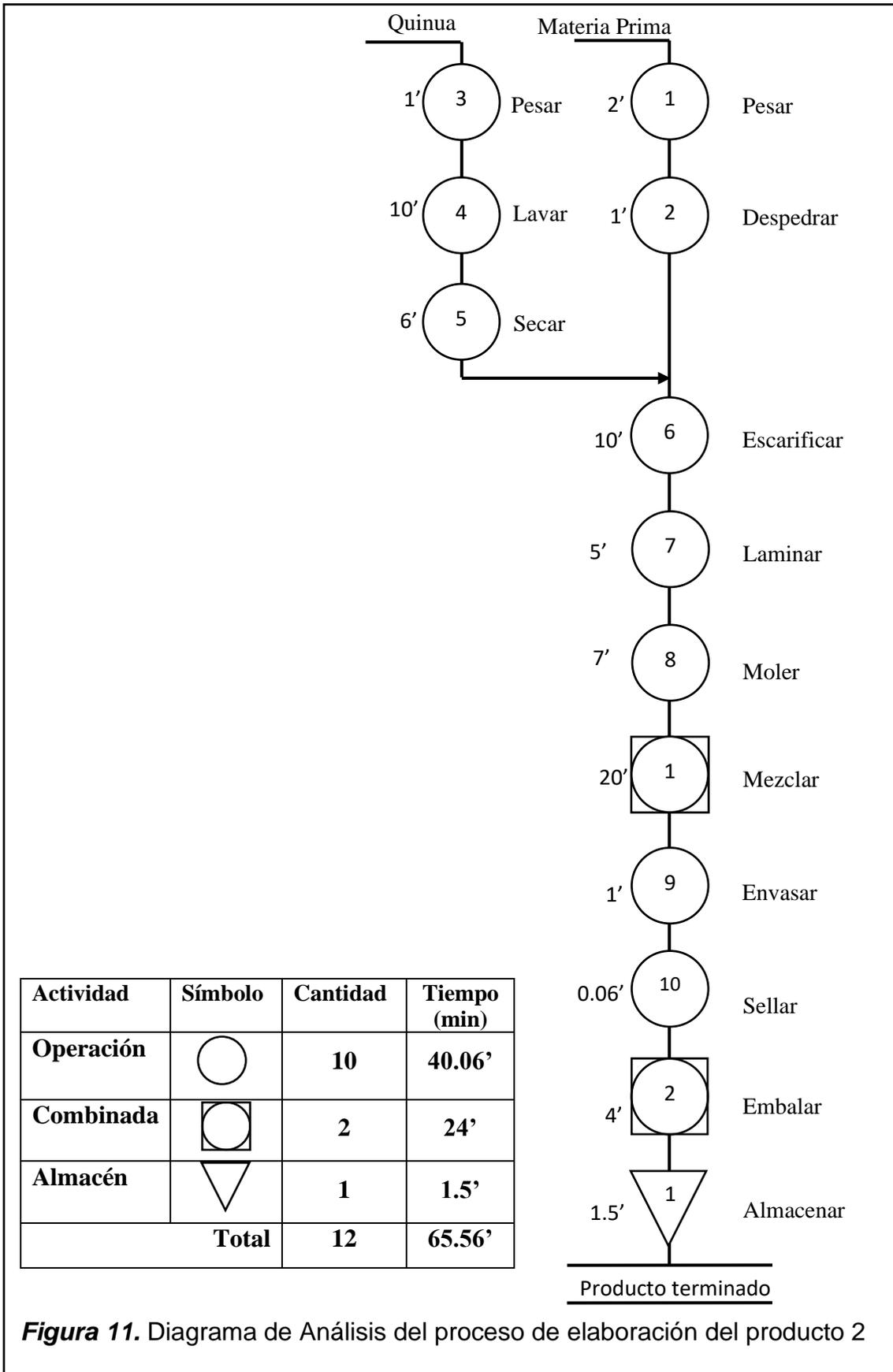


Figura 11. Diagrama de Análisis del proceso de elaboración del producto 2

Producto 3: Hojuelas de avena, quinua y trigo, enriquecida con vitaminas y minerales

a. Pesado

Se pesan la avena, quinua y trigo y enriquecimiento para el producto, siguiendo la formulación establecida, y luego se trasladan hasta el área de acondicionamiento.

b. Despedrado

En este proceso el operario coloca la materia prima en unas tolvas limpiadoras, en donde se eliminan las impurezas (pajillas, piedras, etc.) de los cereales.

c. Lavado

La quinua, después del despedrado es lavada para la eliminación de saponinas.

d. Secado

La quinua que ha sido lavada se seca para luego entrar al proceso de escarificado

e. Escarificado

En este proceso el cereal es descascarado, y a través del raspado de los granos se le da aspecto un más liso y limpio.

f. Laminado

En este proceso, los granos de avena, quinua y trigo son colocados en la maquina laminadora, para la conversión de estos en hojuelas, llenando al final sacos de 50kg. Aquí se tiene en cuenta los parámetros establecidos de tamaño y textura para la hojuela.

g. Mezclado

En este proceso el operario ingresa en la mezcladora vertical, tanto los cereales procesados como el enriquecimiento, por un tiempo de 20 minutos. Luego,

el operario descarga la mezcla, en 4 carretillas de acero de 100kg y las traslada al área de envasado, y es colocada en las mesas de acero.

h. Envasado

En este proceso el operario coloca la mezcla en bolsas de polietileno de alta densidad de 2.5 milésimas de pulgada de espesor.

i. Sellado

El operario en este proceso, quita el aire de la bolsa, y con la ayuda de la selladora manual cierra el producto.

j. Embalaje

Aquí el operario coloca en sacos de polipropileno de mediana densidad de 3.5 milésimas de pulgadas de espesor 40 bolsas del producto en la presentación de 1kg, asegurando a su vez, que el producto no tenga defectos.

k. Almacenado

Los sacos son colocados en parihuelas en un ambiente ventilado y seco para su conservación.

Diagrama de operaciones del producto 3

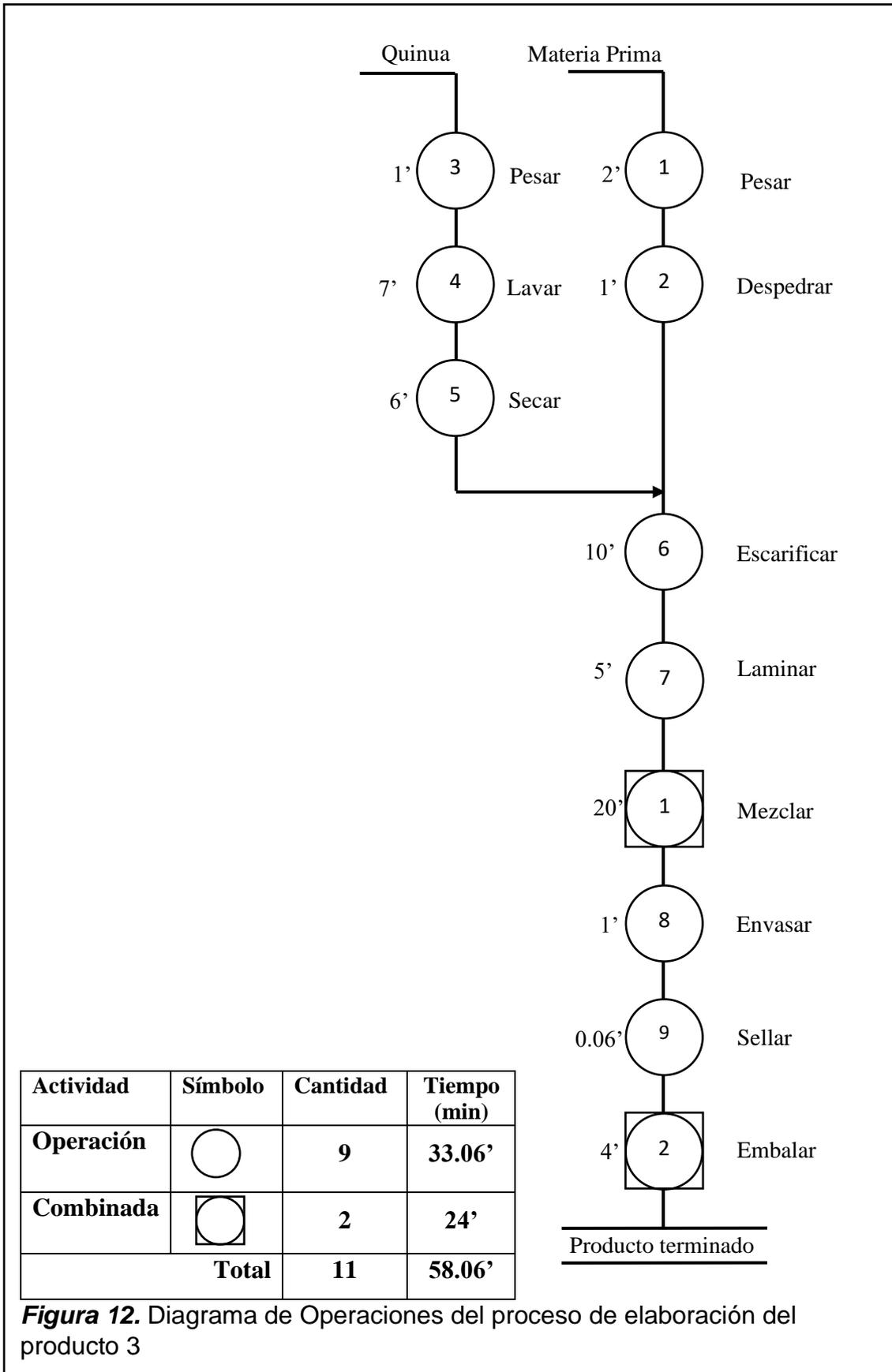


Figura 12. Diagrama de Operaciones del proceso de elaboración del producto 3

Diagrama de análisis de operaciones

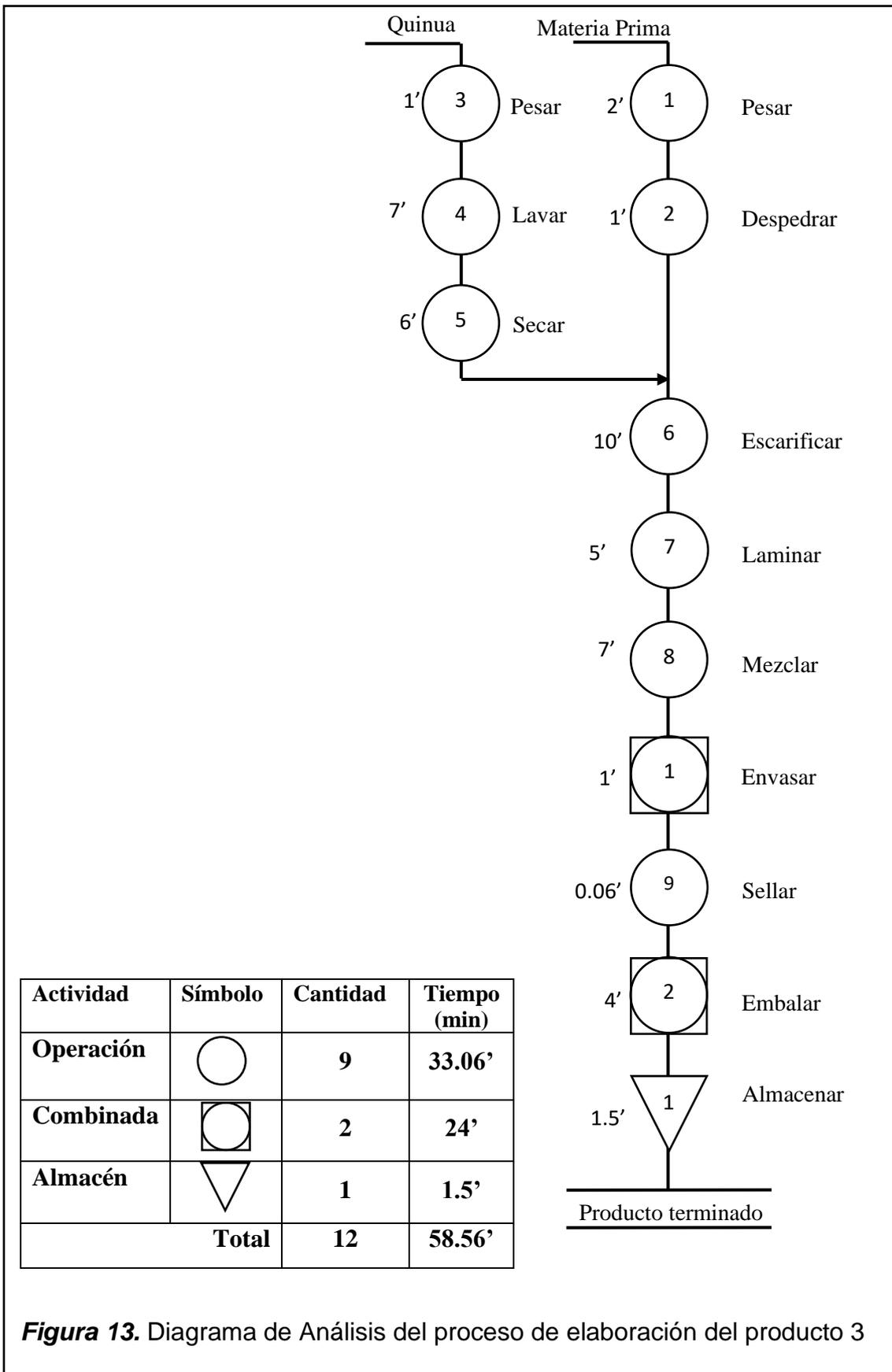


Figura 13. Diagrama de Análisis del proceso de elaboración del producto 3

Producto 4: Hojuelas de quinua, cebada, trigo y harina de kiwicha, enriquecida con vitaminas y minerales

a. Pesado

Se pesa la quinua, cebada, trigo, kiwicha y enriquecimiento requerido para el producto, siguiendo la formulación establecida, y luego se trasladan hasta el área de acondicionamiento.

b. Despedrado

En este proceso el operario coloca la materia prima en unas tolvas limpiadoras, en donde se eliminan las impurezas (pajillas, piedras, etc.) de los cereales.

c. Lavado

La quinua, después del despedrado es lavada para la eliminación de saponinas.

d. Secado

La quinua que ha sido lavada se seca para luego entrar al proceso de escarificado

e. Escarificado

En este proceso el cereal es descascarado, y a través del raspado de los granos se le da aspecto un más liso y limpio.

f. Laminado

En este proceso, los granos de cereal son colocados en la maquina laminadora, para la conversión de estos en hojuelas, llenando al final sacos de 50kg. Aquí se tiene en cuenta los parámetros establecidos de tamaño y textura para la hojuela.

g. Molienda

La 59kiwicha es colocada en el molino, para que esta sea pulverizada. El tiempo de proceso de molienda se realiza por 7 minutos. La kiwicha transformada en harina es colocada en sacos de 50kg.

h. Mezclado

En este proceso el operario ingresa en la mezcladora vertical, tanto los cereales procesados como el enriquecimiento, por un tiempo de 20 minutos. Luego, el operario descarga la mezcla, en 4 carretillas de acero de 100kg y las traslada al área de envasado, y es colocada en las mesas de acero.

i. Envasado

En este proceso el operario coloca la mezcla en bolsas de polietileno de alta densidad de 2.5 milésimas de pulgada de espesor.

j. Sellado

El operario en este proceso, quita el aire de la bolsa, y con la ayuda de la selladora manual cierra el producto.

k. Embalaje

Aquí el operario coloca en sacos de polipropileno de mediana densidad de 3.5 milésimas de pulgadas de espesor 40 bolsas del producto en la presentación de 1kg, asegurando a su vez, que el producto no tenga defectos.

l. Almacenado

Los sacos son colocados en parihuelas en un ambiente ventilado y seco para su conservación.

Diagrama de operaciones del producto 4

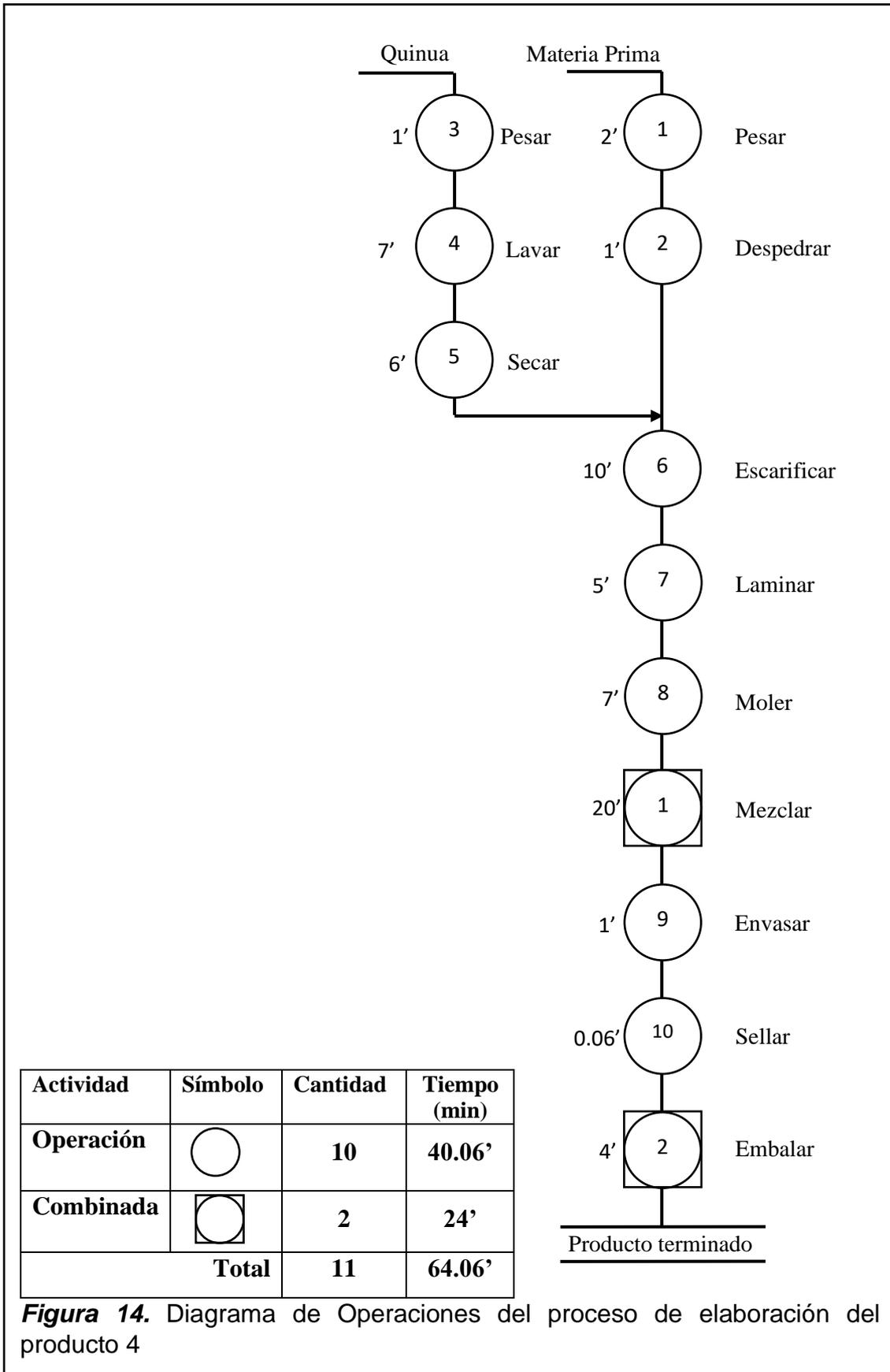


Figura 14. Diagrama de Operaciones del proceso de elaboración del producto 4

Diagrama de análisis de operaciones del producto 4

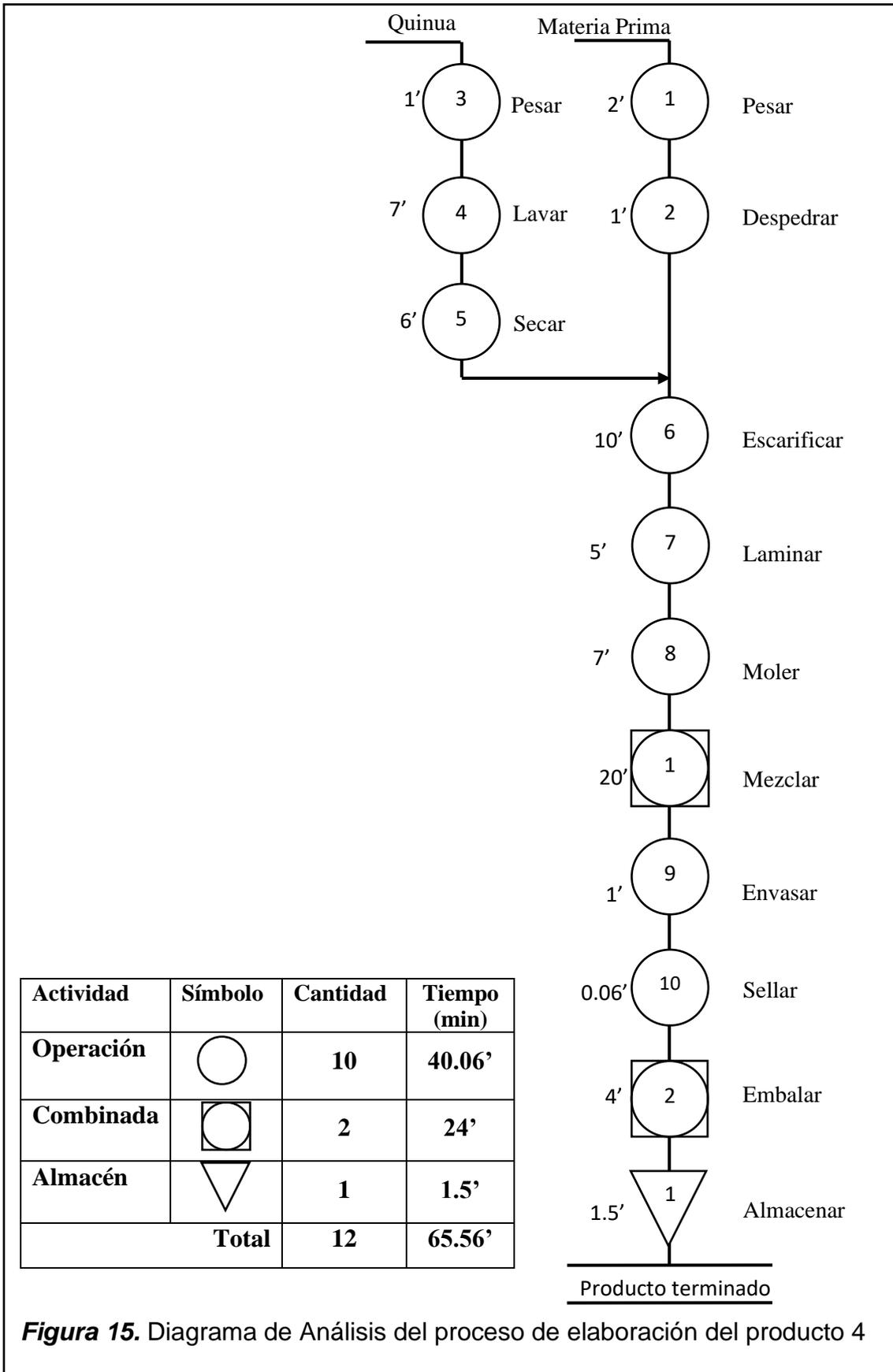


Figura 15. Diagrama de Análisis del proceso de elaboración del producto 4

Producto 5: Hojuelas de avena, quinua, soya y harina de cebada y kiwicha tostada, enriquecida con vitaminas y minerales

a. Pesado

Se pesan la avena, quinua, soya, cebada, kiwicha y enriquecimiento para el producto, siguiendo la formulación establecida, y luego se trasladan hasta el área de acondicionamiento.

b. Despedrado

En este proceso el operario coloca los cereales en unas tolvas limpiadoras, en donde se eliminan las impurezas (pajillas, piedras, etc.) de los cereales.

c. Lavado

La quinua, después del despedrado es lavada para la eliminación de saponinas.

d. Secado

La quinua que ha sido lavada se seca para luego entrar al proceso de escarificado

e. Escarificado

En este proceso el cereal es descascarado, y a través del raspado de los granos se le da aspecto un más liso y limpio.

f. Tostado

Después de obtener los granos de cebada y kiwicha, estos son colocados a la máquina tostadora por 30 minutos y a una temperatura de 150°C.

g. Enfriado

Después del proceso de tostado, se enfría los granos de cereal por 10 minutos.

h. Laminado

En este proceso, los granos de cereal son colocados en la maquina laminadora, para la conversión de estos en hojuelas, llenando al final sacos de

50kg. Aquí se tiene en cuenta los parámetros establecidos de tamaño y textura para la hojuela.

i. Molienda

La kiwicha y cebada son colocadas en el molino, para que sean pulverizadas. El tiempo de proceso de molienda se realiza por 7 minutos. La kiwicha y cebada transformada en harina es colocada en sacos de 50kg.

j. Mezclado

En este proceso el operario ingresa en la mezcladora vertical, tanto los cereales procesados como el enriquecimiento, por un tiempo de 20 minutos. Luego, el operario descarga la mezcla, en 4 carretillas de acero de 100kg y las traslada al área de envasado, y es colocada en las mesas de acero.

k. Envasado

En este proceso el operario coloca la mezcla en bolsas de polietileno de alta densidad de 2.5 milésimas de pulgada de espesor.

l. Sellado

El operario en este proceso, quita el aire de la bolsa, y con la ayuda de la selladora manual cierra el producto.

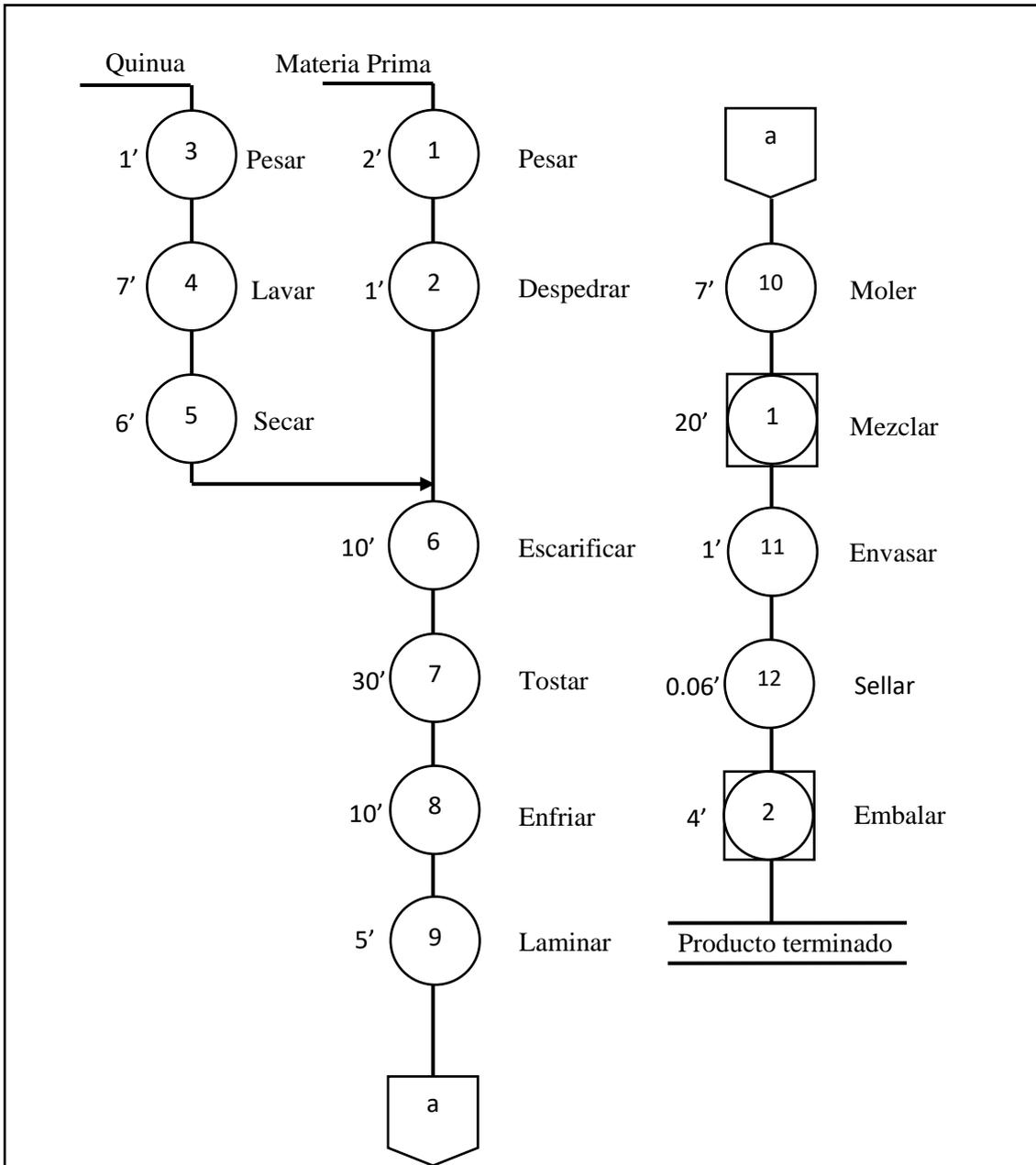
m. Embalaje

Aquí el operario coloca en sacos de polipropileno de mediana densidad de 3.5 milésimas de pulgadas de espesor 40 bolsas del producto en la presentación de 1kg, asegurando a su vez, que el producto no tenga defectos.

n. Almacenado

Los sacos son colocados en parihuelas en un ambiente ventilado y seco para su conservación.

Diagrama de operaciones del producto 5



Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)
Operación	○	12	80.06'
Combinada	◻○	2	24'
Total		11	104.06'

Figura 16. Diagrama de Operaciones del proceso de elaboración del producto 5

Diagrama de operaciones del producto 5

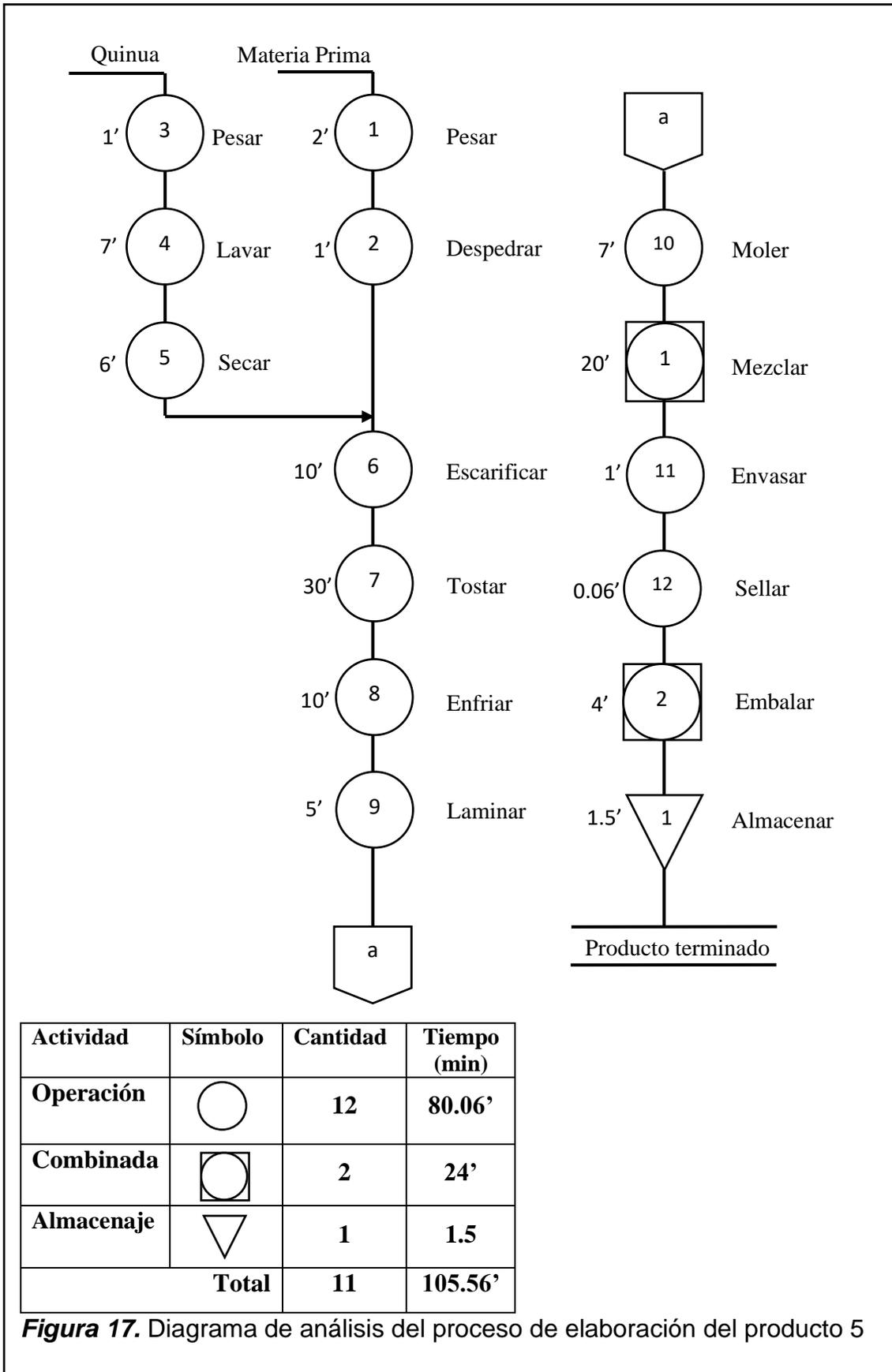


Figura 17. Diagrama de análisis del proceso de elaboración del producto 5

3.1.3. Análisis de la problemática.

3.1.3.1. Resultados de la aplicación de instrumentos.

Resultados de la entrevista

Esta entrevista fue realizada al jefe de producción, Ing. Hernán Alcides Hoyos Carlos, para conocer la situación de la planificación de producción y su influencia en los costos de la empresa.

Tabla 18

Resultados de la entrevista

Pregunta/ respuesta	Observación
1. ¿La empresa cuenta con algún sistema de planificación para sus procesos? No, la empresa no cuenta con un sistema de planificación definido, recientemente se estuvo viendo ese tema para que un especialista planificara tanto los procesos de producción, como los procesos administrativos, pero no se llegó a nada concreto.	No se realiza la planificación de sus procesos
2. ¿Cuáles son los problemas que frecuentemente se dan en el área de producción? El problema que frecuentemente se da y que hemos estado experimentando últimamente es la sobrecarga de trabajo pues a veces se nos acumulan los pedidos.	Sobrecarga de trabajo. Acumulación de pedidos
3. ¿Los procesos se encuentran estandarizados para cada área? Los procesos han sido establecidos de manera general, pero no se han especificado los diversos procesos que se hacen en cada área.	Falta especificación en las funciones

Tabla 18 (continuación)

<p>4. ¿La capacidad de planta es tomada en cuenta al momento de producir?</p> <p>Sí, siempre se hace una inspección técnica al proceso productivo, donde se revisa la capacidad de la planta. Actualmente la capacidad de la planta es de 0.8 toneladas/hora, pero no se llega a utilizar la capacidad total, como máximo hemos llegado a utilizar 0.5 toneladas/ hora.</p>	<p>Capacidad de planta establecida y tomada en cuenta para la producción</p>
<p>5. ¿De qué depende la capacidad de producción?</p> <p>La capacidad de la planta está sujeta a la capacidad de las máquinas, en nuestro caso la tostadora es la que rige la capacidad, la cual es 0.8 toneladas/ hora.</p>	<p>Capacidad de planta sujeta a máquina Tostadora</p>
<p>6. ¿Cómo se establecen los porcentajes de los insumos en las mezclas?</p> <p>El porcentaje de insumo incorporado en el producto, se realiza de acuerdo a los requerimientos mínimos establecidos en la Resolución Ministerial 711-2002-SA/DM ya que nuestros principales clientes son de programas sociales, cumpliendo con los valores mínimos de ración alimentaria de estos programas.</p>	<p>Formulación de insumos de acuerdo a requerimiento del cliente.</p>
<p>7. ¿Cuáles son los horarios de trabajo del personal de producción?</p> <p>El personal trabaja en dos turnos, el primer turno comienza a las 8:00am hasta la 1:00pm; y el siguiente turno va desde las 2:00pm hasta las 5:00pm, de lunes a sábado.</p>	<p>Personal trabaja 8 horas/día</p>
<p>8. ¿Se capacita al personal?</p> <p>Sí se capacita al personal. De manera semestral</p>	<p>Capacitación semestral al personal</p>

Tabla 18 (continuación)

<p>9. ¿Se cuenta con inventario de productos terminados?</p> <p>No, nosotros producimos según el promedio del pedido mensual, y no generamos inventario de producto terminado.</p>	<p>No realizan inventario de producto terminado</p>
<p>10. ¿Los costos de la producción han sido identificados? ¿Se lleva un control de estos?</p> <p>Sí, se han identificado los costos de producción, y se lleva un registro de ellos en el área contable, sin embargo, no se lleva un control de estos.</p>	<p>No hay un control de costos</p>
<p>11. ¿Ha notado alguna variación en los costos?</p> <p>Hemos estado experimentando incrementos en el costo por horas extras, ya que en varios meses se han trabajado horas extras para cumplir a tiempo con el pedido del producto.</p>	<p>Incremento en los costos de horas extras</p>

Fuente: La entrevista.

Análisis de la entrevista

Se encontró que la falta de planificación ha generado que muchas veces se esté en riesgo de no poder cumplir a tiempo con el pedido del cliente por la acumulación de pedidos y se requiera trabajo extra, traducido a un aumento de costos y que el rendimiento de los trabajadores no pueda estar al máximo nivel.

Resultados de la observación

Tabla 19

Guía de observación

Ítems	Sí	No	A veces	Observación
Control de materias primas/insumos recepcionados	x			Operario se asegura que los recursos cumplan con los criterios de calidad.

Tabla 19 (continuación)

Disponibilidad de Materia prima/ insumos para producción	x	Materiales se encuentran en una cantidad exacta o casi insuficiente para la producción
Personal realiza los procesos adecuadamente	x	En algunas ocasiones se cometen errores por parte del personal
Se cumple con los parámetros establecidos para el porcentaje de los insumos	x	En ocasiones se consuma más material.
Cumplimiento de cantidades de producción diarias establecidas	x	No se cumple plenamente con la cantidad a producir promediada. Trabajo empírico.
Requerimiento adecuado de materia prima/insumos	x	El requerimiento de materia prima/insumos se realiza cuando este ya no es suficiente para la producción.
Uso adecuado de máquinas	x	Se cuenta con un manual de la maquinaria, pero este no es usado

Fuente: Elaboración propia.

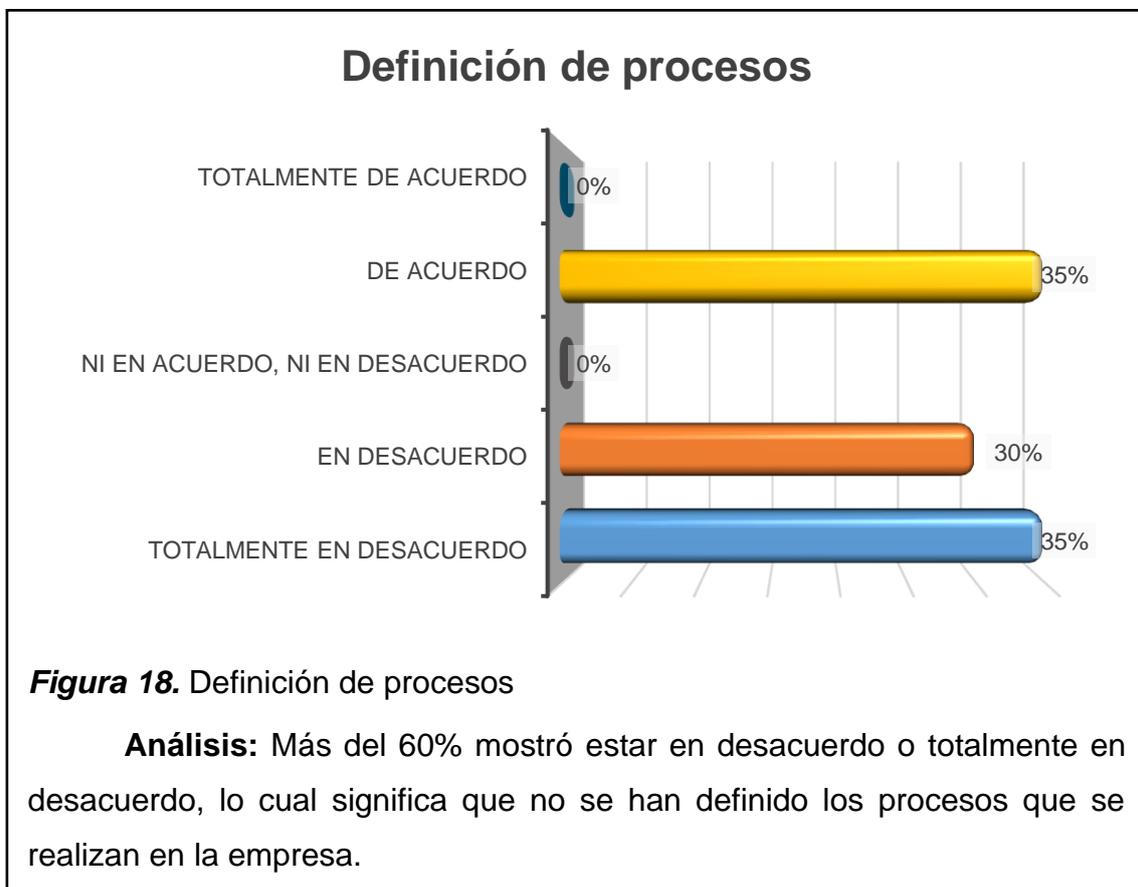
Análisis de la guía de observación

Se observó que la empresa a pesar de tener un buen control de calidad de las materias primas obtenidas, muchas veces no dispone del material suficiente para las actividades de producción promediadas pues no se tiene un adecuado requerimiento de los mismos. Además, el personal comete algunos errores en la producción, pues en ocasiones no tienen en cuenta los porcentajes establecidos para los insumos que requiere el producto. Respecto a la maquinaria, se observó

que no hay un uso adecuado a pesar de contar con manuales de equipo, pues estos no son utilizados.

Resultados del cuestionario

Este cuestionario fue aplicado a los trabajadores de la empresa Producciones Nacionales TC E.I.R.L. para conocer la situación de la planificación de la producción.



Planificación de recursos

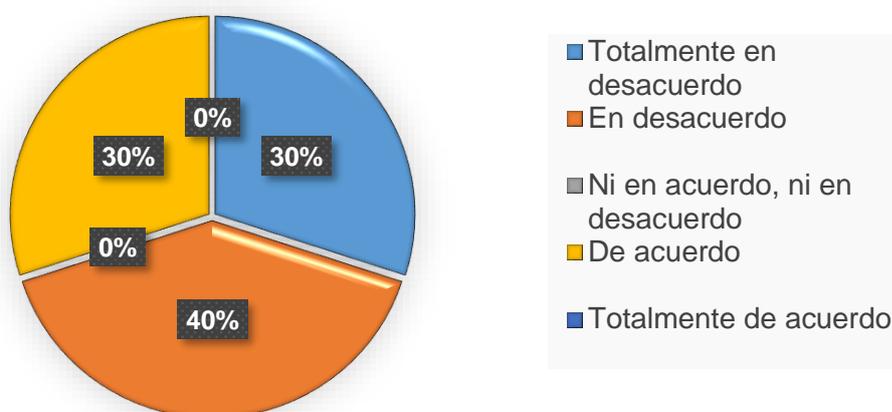


Figura 19. Planificación de recursos

Análisis: Solo el 30% estuvo de acuerdo con que se realice la planificación de los recursos, y la mayoría estuvo en desacuerdo o totalmente en desacuerdo, lo que significa que no se planifican los recursos.

Registro de la cantidad de materia prima receptionada

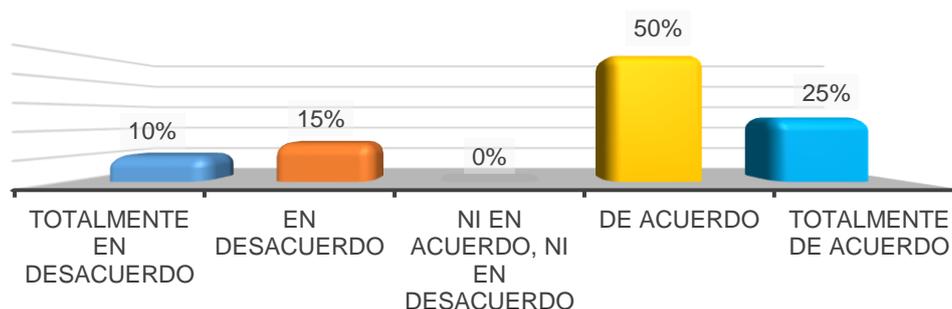


Figura 20. Registro de la materia prima receptionada.

Análisis: El 75% estuvo en acuerdo o totalmente de acuerdo, lo que significa que se está registrando la cantidad de materia prima que se receptiona.

Verificación de la calidad de los recursos recepcionados

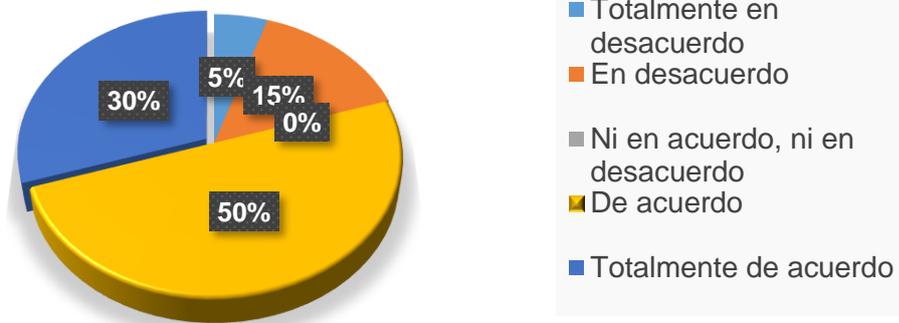


Figura 21. Verificación de la calidad de los recursos recepcionados

Análisis: Solo el 15% mostró estar en desacuerdo y la gran mayoría mostró estar de acuerdo o totalmente de acuerdo, lo que significa que si se verifica la calidad de los recursos recepcionados.

Capacitación adecuada

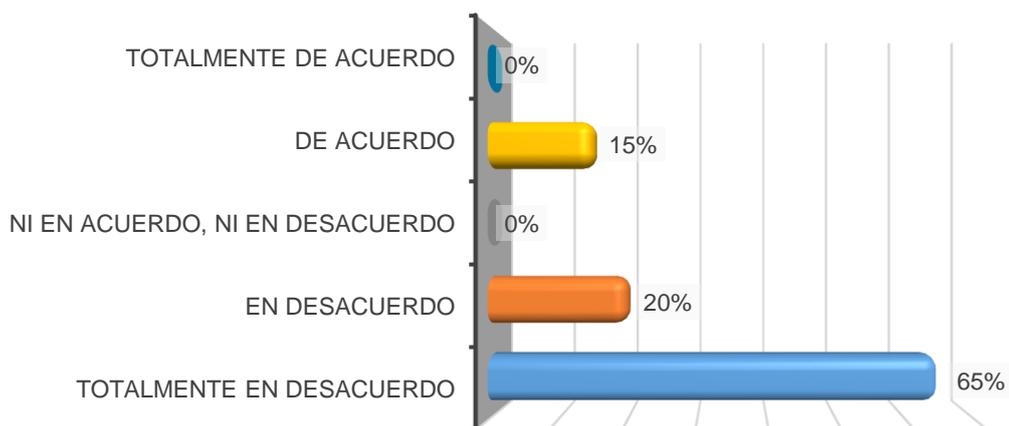


Figura 22. Capacitación adecuada

Análisis: Más del 80% mostró estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo, lo que significa que la capacitación que se da no es adecuada.

Óptimo consumo de recursos

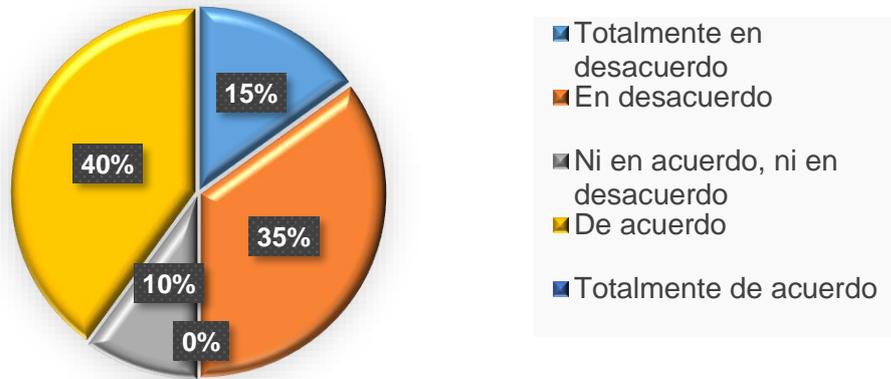


Figura 23. Óptimo consumo de recursos

Análisis: Del 100% de los encuestados, el 50% mostró estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo, y el 40% mostró estar de acuerdo, lo cual significa que no está habiendo un óptimo consumo de recursos

Disponibilidad de recursos

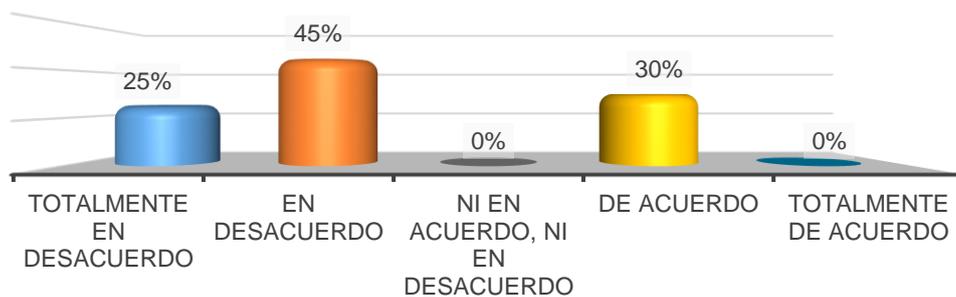


Figura 24. Disponibilidad de recursos

Análisis: Ninguno de los encuestados expresa que los recursos siempre están disponibles, al contrario, el 70% manifiesta estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con la disponibilidad de recursos.

Cumplimiento de la cantidad a producir

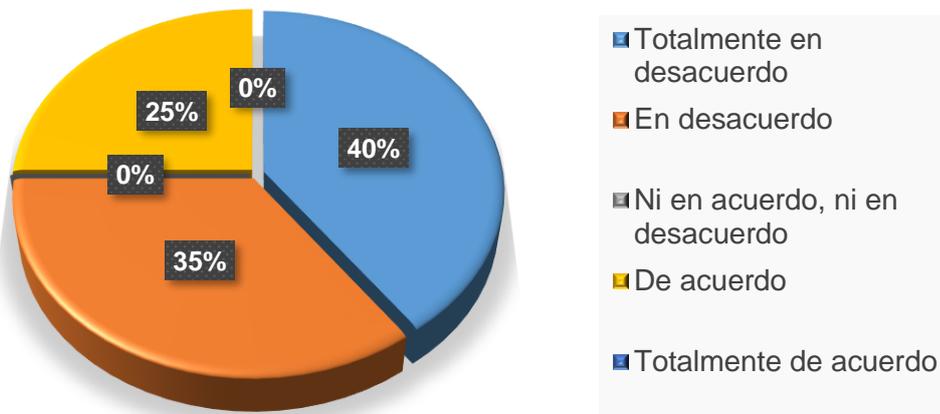


Figura 25. Cumplimiento de la cantidad a producir

Análisis: Solo el 25% estuvo de acuerdo con que se logra cumplir la cantidad establecida de producción, y la mayoría estuvo en desacuerdo o totalmente en desacuerdo, lo que significa que no se logra cumplir plenamente con la cantidad establecida para cada jornada.

Uso óptimo de la capacidad productiva

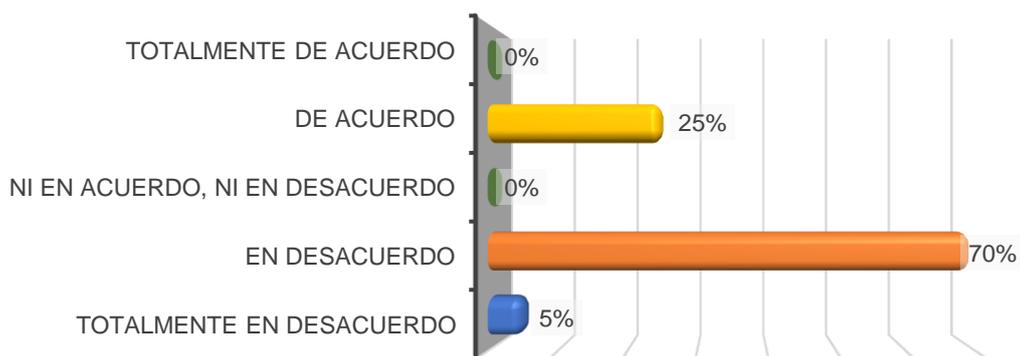


Figura 26. Uso óptimo de la capacidad productiva

Análisis: El 70% estuvo en desacuerdo, lo que significa que no se usa óptimamente la capacidad productiva de la empresa.

Ambiente de trabajo favorable

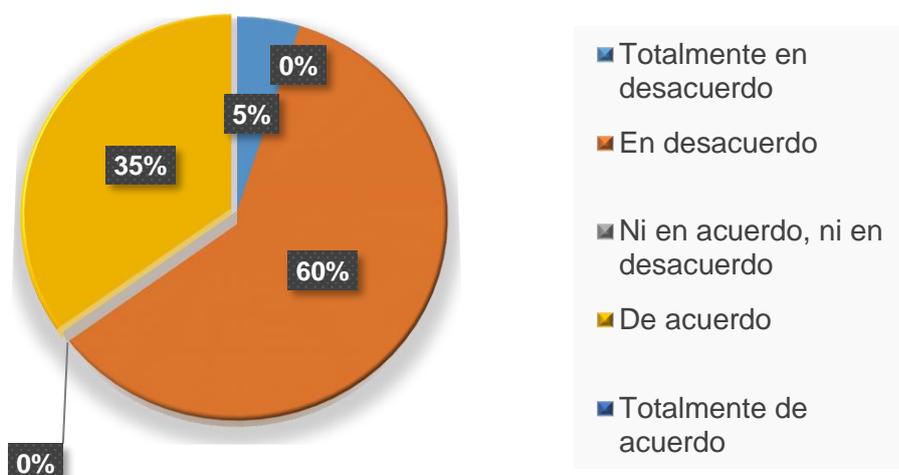


Figura 27. Ambiente de trabajo favorable

Análisis: La mayoría expresó no estar de acuerdo, y solo el 35% estuvo de acuerdo, lo que significa que no se dispone de un ambiente favorable para el desempeño de sus actividades de trabajo.

Análisis de cuestionario de encuesta

Al analizar la información obtenida de la encuesta, se encontró que la mayoría de los trabajadores afirmó que los procesos no están bien definidos, no se realiza la planificación de la producción, no siempre se cuenta con los recursos suficientes para la producción, no se aprovecha óptimamente la capacidad productiva; por otro lado, el personal no siente que esté teniendo la capacitación suficiente para realizar sus funciones y además su ambiente de trabajo no es favorable.

Resultados del análisis documental

Registro de Producción histórica

Tabla 20

Ventas en kilogramos de producto 1

Mes	unidad	Ventas en kg de P1			
		Año			
		2016	2017	2018	2019
Enero	kg	10590	10683	10813	10786
Febrero	kg	10710	10794	10863	10906
Marzo	kg	10707	10784	10860	10891
Abril	kg	10732	10806	10885	10916
Mayo	kg	10722	10797	10875	11066
Junio	kg	10876	10947	11029	11166
Julio	kg	10853	10929	11006	11146
Agosto	kg	10904	10991	11057	11192
Setiembre	kg	10806	10901	10959	11104
Octubre	kg	10796	10896	10949	11092
Noviembre	kg	10775	10868	10928	11069
Diciembre	kg	10733	10823	10886	11021

Fuente: La empresa

Tabla 21

Ventas en kilogramos de producto 2

Mes	unidad	Ventas en kg de P2			
		Año			
		2016	2017	2018	2019
Enero	kg	9500	9722	9950	10178
Febrero	kg	9520	9703	9931	10159
Marzo	kg	9519	9683	9911	10139
Abril	kg	9520	9713	9941	10169
Mayo	kg	9540	9723	9951	10179
Junio	kg	9531	9623	9851	10079
Julio	kg	9512	9603	9831	10059
Agosto	kg	9635	9726	9954	10182
Setiembre	kg	9707	9810	10038	10266
Octubre	kg	9682	9791	10019	10247
Noviembre	kg	9872	9991	10219	10447
Diciembre	kg	9872	10000	10228	10456

Fuente: La empresa

Tabla 22*Ventas en kilogramos de producto 3*

Ventas en kg de P3					
Mes	unidad	Año			
		2016	2017	2018	2019
Enero	kg	12496	12572	12598	12728
Febrero	kg	12535	12611	12637	12767
Marzo	kg	12523	12599	12625	12755
Abril	kg	12517	12593	12619	12749
Mayo	kg	12522	12598	12624	12754
Junio	kg	12537	12613	12639	12769
Julio	kg	12544	12620	12646	12776
Agosto	kg	12523	12599	12625	12755
Setiembre	kg	12477	12553	12579	12709
Octubre	kg	12469	12545	12571	12701
Noviembre	kg	12477	12553	12579	12709
Diciembre	kg	12472	12548	12574	12704

Fuente: La empresa

Tabla 23*Ventas en kilogramos de producto 4*

Ventas en kg de P4					
Mes	unidad	Año			
		2016	2017	2018	2019
Enero	kg	9567	9573	9584	9657
Febrero	kg	9612	9585	9639	9679
Marzo	kg	9592	9559	9616	9624
Abril	kg	9587	9558	9610	9619
Mayo	kg	9602	9588	9622	9644
Junio	kg	9756	9738	9787	9828
Julio	kg	9763	9742	9792	9838
Agosto	kg	9663	9644	9668	9741
Setiembre	kg	9617	9612	9632	9709
Octubre	kg	9597	9590	9622	9700
Noviembre	kg	9605	9599	9644	9720
Diciembre	kg	9585	9587	9635	9710

Fuente: La empresa

Tabla 24*Ventas en kilogramos de producto 5*

Mes	unidad	Ventas en kg de P5			
		2016	2017	2018	2019
Enero	kg	12894	12895	12996	13023
Febrero	kg	12944	12915	13046	13068
Marzo	kg	12894	12905	13004	13038
Abril	kg	12906	12965	13016	13059
Mayo	kg	12904	12943	13010	13044
Junio	kg	13024	13193	13160	13243
Julio	kg	13019	13178	13155	13238
Agosto	kg	13070	13237	13220	13283
Setiembre	kg	12983	13087	13122	13164
Octubre	kg	12932	13055	13077	13131
Noviembre	kg	12947	13050	13101	13116
Diciembre	kg	12905	13029	13089	13066

Fuente: La empresa

Formulación de producto

A continuación, se muestra la formulación establecida para el producto

Tabla 25*Formulación de los productos*

Alimento	Costos/kg	P1	P2	P3	P4	P5
Trigo	S/ 2.00	22.86%		25.00%	22.22%	
Avena	S/ 1.00	22.86%	26.83%	25.00%		30.20%
Kiwicha	S/ 3.50	22.86%	9.76%		18.52%	10.07%
Quinoa	S/ 5.50		24.39%	25.00%	29.63%	27.85%
Soya	S/ 3.50		12.20%			13.42%
Enriquecimiento	S/ 20.00	8.57%	7.32%	25.00%		8.39%
Cañihua	S/ 4.30	22.86%	9.76%			
Cebada	S/ 2.00		7.32%		29.63%	10.07%

Fuente: La empresa

Requerimiento de materiales

Tabla 26

Histórico de requerimiento de material

Producto	unidad	2015	2016	2017	2018	2019
Trigo	kg	207536.13	210381.84	210827.07	211210.30	212058.46
Avena	kg	330759.00	333275.53	334527.02	335677.04	337319.52
Kiwicha	kg	184576.33	186831.47	187316.11	187922.20	188662.68
Quinoa	kg	314493.56	318931.53	319837.08	320843.08	322270.59
Soya	kg	80391.05	81065.72	81407.86	81821.74	82224.38
Enriquecimiento	kg	153495.40	154853.62	155377.86	155918.29	156515.11
Cañihua	kg	104374.55	105003.45	105503.56	105953.54	106420.47
Cebada	kg	129527.66	132312.98	132488.82	132884.90	133316.32

Fuente: La empresa

Costos de Materia prima/insumos

Tabla 27

Costos de materia prima/insumos de los años 2016-2019

Alimento	Costos/ kg		2016	2017	2018	2019
Trigo	S/	2.00	S/ 185,483.01	S/ 186,347.59	S/ 187,118.82	S/ 188,775.08
Avena	S/	1.00	S/ 144,973.03	S/ 146,207.57	S/ 147,374.54	S/ 148,966.96

Tabla 27 (continuación)

Kiwicha	S/	3.50	S/	272,452.45	S/	274,114.34	S/	276,250.94	S/	278,789.20
Quinua	S/	3.50	S/	787,658.46	S/	792,542.33	S/	798,171.95	S/	805,861.03
Soya	S/	7.20	S/	122,303.09	S/	123,502.22	S/	124,936.75	S/	126,336.48
Enriquecimiento	S/	20.00	S/	1,401,760.58	S/	1,412,245.43	S/	1,421,528.41	S/	1,434,990.31
Cañihua	S/	4.30	S/	175,441.81	S/	177,319.05	S/	179,309.16	S/	181,537.77
Cebada	S/	2.00	S/	116,678.49	S/	117,030.17	S/	117,822.33	S/	118,685.17

Fuente: La empresa.

Costo de transporte de quinua

Tabla 28

Histórico de costos de transporte

Ítem	costo/ kg	2016	2017	2018	2019
Costos de Transporte	S/ 0.25	S/ 35,802.66	S/ 36,024.65	S/ 36,280.54	S/ 36,630.05

Fuente: La empresa

Costos de materiales indirectos

Tabla 29

Histórico de costos de materiales indirectos

Material	unidad	costo unitario	2016	2017	2018	2019
Hilo (rollo)	rollo	S/ 15.00	S/ 2,550.00	S/ 2,550.00	S/ 2,595.00	S/ 2,610.00
Sacos(1/40u)	unidad	S/ 0.50	S/ 8,405.50	S/ 8,462.00	S/ 8,591.50	S/ 8,691.50
Bolsas	unidad	S/ 0.35	S/ 235,316.90	S/ 236,894.70	S/ 240,537.50	S/ 243,331.55
Total		S/ 15.85	S/ 246,272.40	S/ 247,906.70	S/ 251,724.00	S/ 254,633.05

Fuente: La empresa

Costos de mano de obra directa

Tabla 30

Costos de mano de obra directa

Personal	#Operarios	Sueldo/ mes	2016	2017	2018	2019
Operarios de proceso	7	S/ 1,071.00	S/ 89,964.00	S/ 89,964.00	S/ 89,964.00	S/ 89,964.00
Operarios de envasado	12	S/ 1,071.00	S/ 154,224.00	S/ 154,224.00	S/ 154,224.00	S/ 154,224.00

Tabla 30 (continuación)

Operarios de mantenimiento	3	S/	1,071.00	S/	38,556.00	S/	38,556.00	S/	38,556.00	S/	38,556.00
Total	22	S/	3,213.00	S/	282,744.00	S/	282,744.00	S/	282,744.00	S/	282,744.00

Fuente: La empresa.

Requerimiento de horas extras**Tabla 31***Costos de horas extras*

Área	Costo/hora extra		Año							
			2016	2017	2018	2019				
Proceso	S/	9.50	S/	46,512.00	S/	47,766.00	S/	47,082.00	S/	48,678.00
Envasado	S/	9.50	S/	38,760.00	S/	39,805.00	S/	39,235.00	S/	40,565.00
Mantenimiento	S/	9.00	S/	864.00	S/	783.00	S/	810.00	S/	945.00
Total			S/	86,136.00	S/	88,354.00	S/	87,127.00	S/	90,188.00

Fuente: La empresa

Costos de mano de obra indirecta

Tabla 32

Costos de mano de obra indirecta

Personal	cantidad	sueldo	2016	2017	2018	2019
Jefe de producción	1	S/ 2,500.00	S/ 30,000.00	S/ 30,000.00	S/ 30,000.00	S/ 30,000.00
Jefe de almacén	1	S/ 2,000.00	S/ 24,000.00	S/ 24,000.00	S/ 24,000.00	S/ 24,000.00
Jefe de logística	1	S/ 2,000.00	S/ 24,000.00	S/ 24,000.00	S/ 24,000.00	S/ 24,000.00
Jefe de mantenimiento	1	S/ 1,950.00	S/ 23,400.00	S/ 23,400.00	S/ 23,400.00	S/ 23,400.00
Total	4	S/ 8,450.00	S/ 101,400.00	S/ 101,400.00	S/ 101,400.00	S/ 101,400.00

Fuente: La empresa

Servicios Básicos

Tabla 33

Costos de servicios básicos

Año	2015	2016	2017	2018	2019
Costos de servicios básicos	S/ 35,440.00				

Fuente: La empresa

Equipo

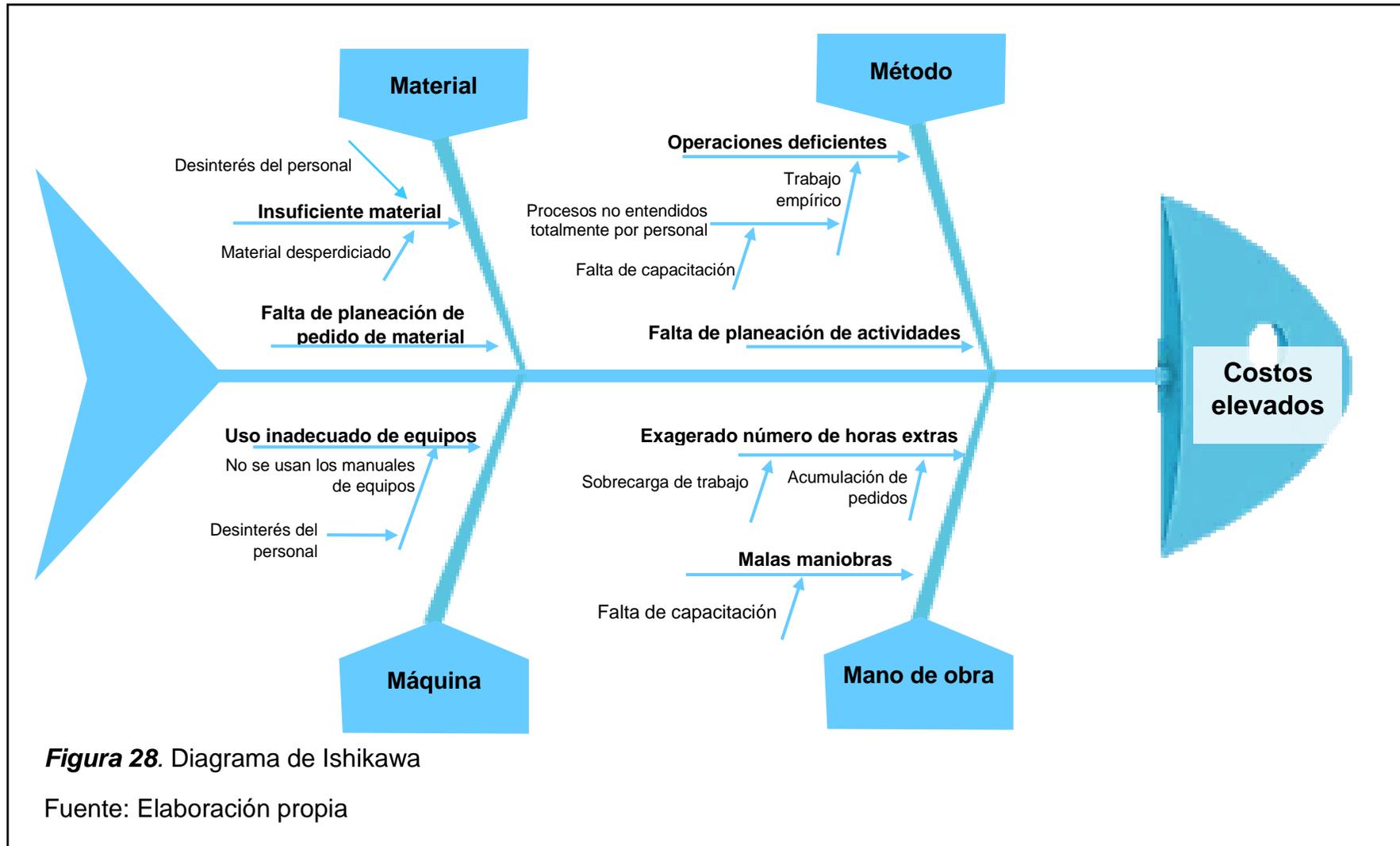
Tabla 34

Maquinaria de las diferentes áreas productivas de la empresa.

Sección	Equipo	Fabricante/ Marca	Cantidad	Capacidad
Área de acondicionamiento	Seleccionadora	Nacional	1	2.6 t/h
	Pulidora	Nogeira	2	2.6 t/h
	Peladora de soya	Jarcon	1	1.5 t/h
	Tostadora	Nacional	1	0.8 t/h
Área de proceso	Molino	Nacional	2	2 t/h
	Molino	Nacional	1	1 t/h
	Laminadoras	-	2	2.1 t/h
	Mezcladora Horizontal	-	1	2.4 t/h
Área de envasado	Lavadora centrifuga	Nacional	1	0.5 t/h
	Balanzas	Henkel	6	2.8 t/h
	Selladoras manuales	Sealer	10	

Fuente: La empresa

3.1.3.2. Herramientas de diagnóstico.



Análisis del Diagrama de Ishikawa

Material

En relación al material, se encontró que muchas veces no se cuenta con el material suficiente para completar la tanda de 400kg para el proceso, por un lado, debido a que no se planifica el requerimiento de material, y por otro, debido al poco interés por parte del personal, quién en muchas ocasiones consume mucho más material del que se debería utilizar. Ocasionando que solo se trabaje con el material con el que se cuenta y que la producción se retrase.

Maquinaria

Respecto a la maquinaria, se encontró que no se estaba realizando un manejo adecuado de esta, debido a que el personal desconoce y no utiliza los manuales de la maquinaria a pesar de contar con ellos.

Método

Luego, con relación al método que se lleva en la empresa, para la realización de los productos, se encontró un trabajo empírico, pues no se planifican las actividades de producción, y solo se establece como meta a cumplir el promedio de la cantidad del pedido mensual.

Además, se encontró que las operaciones estaban siendo deficientes pues el personal debido a su falta de capacitación no tiene muy claro los procesos que debe realizar o la importancia de cumplir con los parámetros establecidos para el producto, cometiendo errores.

Mano de obra

Finalmente, respecto a la mano de obra, la falta de capacitación ha causado que el personal de producción realice malas maniobras tal como se ha descrito en lo relacionado con el material, maquinaria y método, lo cual genera muchas veces que el tiempo para terminar los productos y cumplir con el pedido sea menor, requiriendo gran cantidad de horas extras de manera sucesiva, lo cual a su vez ha generado una sobrecarga de trabajo, en el que no se obtiene un eficiente desempeño por parte del personal.

De manera siguiente, se realizó una encuesta de priorización de causas (Anexo F) al personal de producción de la empresa para identificar cuáles eran las causas fundamentales que provocaban los altos costos en la empresa, para lo cual se pidió puntuar la influencia de los mismos sobre el problema en una escala del 1 al 5.

Los resultados de la puntuación obtenida en la encuesta se encuentran a continuación en la tabla 35 mostrando a su vez el porcentaje que representa cada una de las causas y el porcentaje acumulado.

Tabla 35

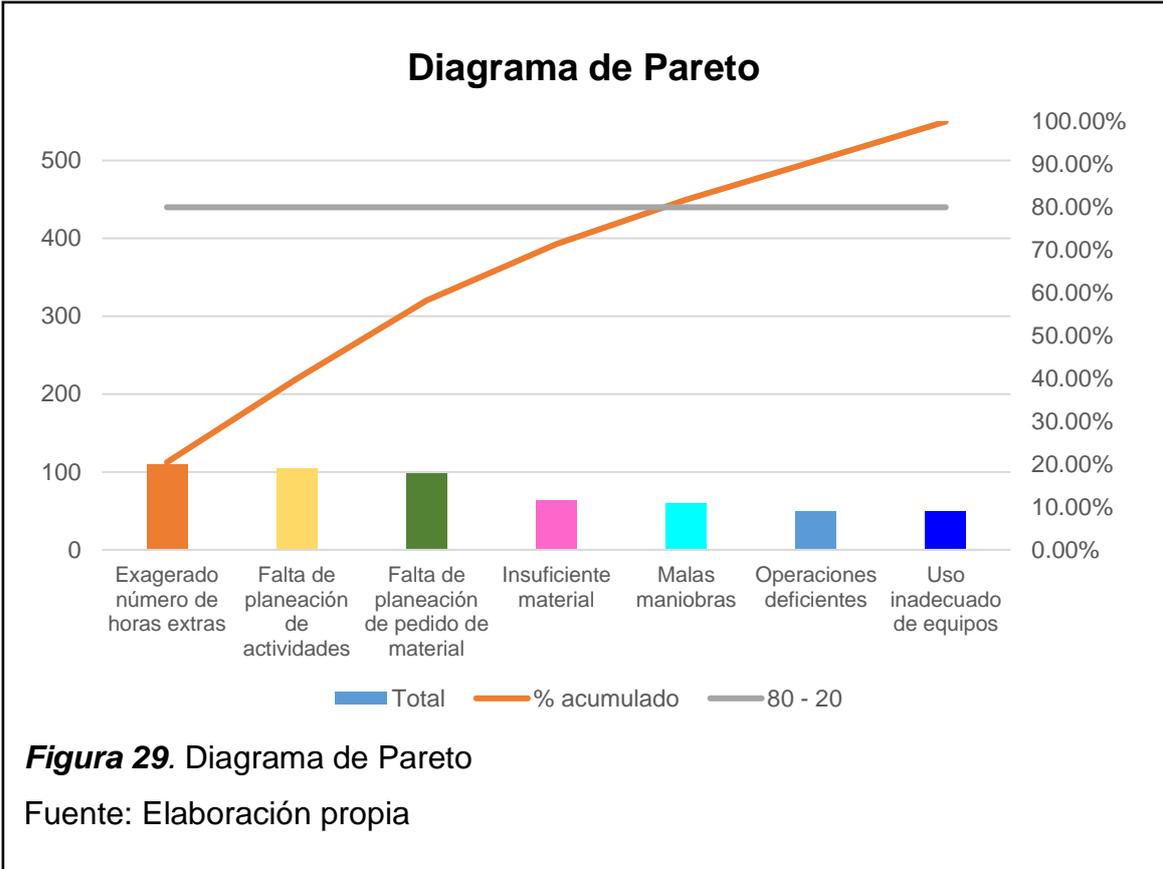
Resultados de la encuesta de priorización de causas

Priorización de causas			
Causas	Total	%	% acumulado
Exagerado número de horas extras	110	20.64%	20.64%
Falta de planeación de actividades	105	19.70%	40.34%
Falta de planeación de pedido de material	98	18.39%	58.72%
Insuficiente material	63	11.82%	70.54%
Malas maniobras	59	11.07%	81.61%
Operaciones deficientes	49	9.19%	90.81%
Uso inadecuado de equipos	49	9.19%	100.00%
Total	533	100%	-

Fuente: Elaboración propia

A partir de los niveles de impacto obtenidos de las diferentes causas que ocasionaban los altos costos en la empresa, se realizó el diagrama de Pareto para identificar aquellas causas a considerar para las propuestas de mejora, donde se encontró con una mayor influencia a 4 de ellas.

- a) Exagerado número de horas extras
- b) Falta de planeación de actividades
- c) Falta de planeación de pedido del material
- d) Insuficiente material



3.1.4. Situación actual de los costos.

Costos Totales

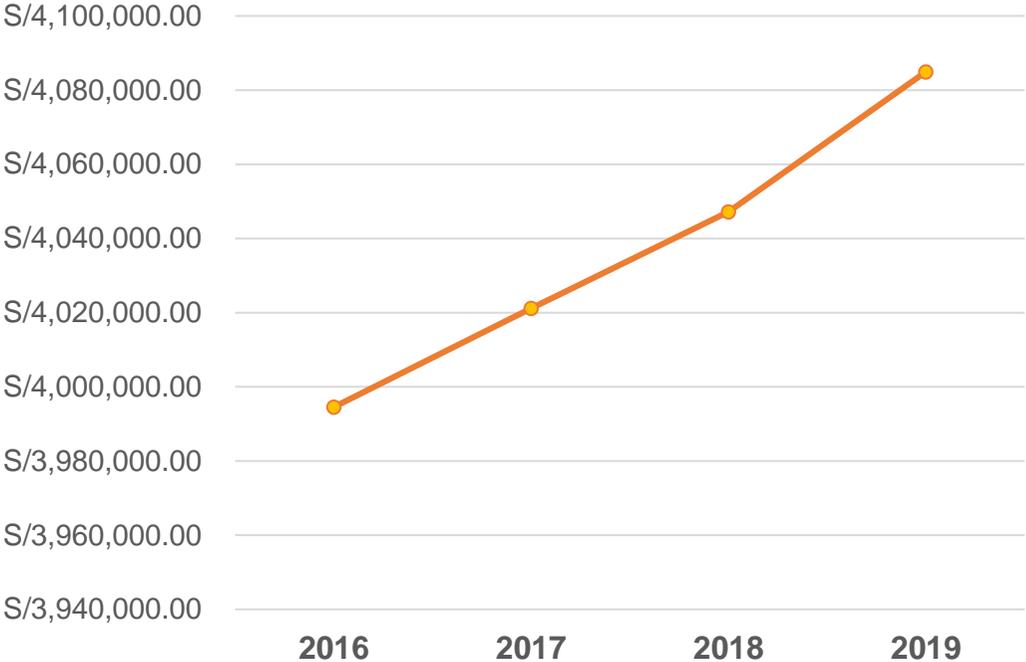
Tabla 36

Situación de los costos totales en la empresa

Pedidos en kg	665674	670138	675097	681733
Costos	2016	2017	2018	2019
Costos de materia prima	S/3,206,750.92	S/3,229,308.70	S/3,252,512.90	S/3,283,942.00
Costos de transporte	S/35,802.66	S/36,024.65	S/36,280.54	S/36,630.05
Costos de materiales indirectos	S/246,272.40	S/247,906.70	S/251,724.00	S/254,633.05
Costos de mano de obra	S/282,744.00	S/282,744.00	S/282,744.00	S/282,744.00
Costo de horas extras	S/86,136.00	S/88,354.00	S/87,127.00	S/90,188.00
Costos de mano de obra indirecta	S/101,400.00	S/101,400.00	S/101,400.00	S/101,400.00
Costos de servicios básicos	S/35,440.00	S/35,440.00	S/35,440.00	S/35,440.00
Total	S/3,994,545.98	S/4,021,178.05	S/4,047,228.44	S/4,084,977.10

Respecto a los costos totales actuales de la empresa se ha podido observar que tanto los costos de materia prima, costos de transporte y costos de materiales indirectos han ido incrementando conforme han crecido los pedidos de los productos, y que los costos de mano de obra directa e indirecta, y los costos de servicios básicos se han mantenido iguales; sin embargo, se observó un comportamiento irregular respecto a los costos de horas extras.

Costos totales



Año	Pedido (kg)	Total de costos
2016	665674	S/ 3,994,545.98
2017	670138	S/ 4,021,178.05
2018	675097	S/ 4,047,228.44
2019	681733	S/ 4,084,977.10

Figura 30. Costos totales 2016-2019

Costos de horas extras

En relación a los costos de horas extras, se observó un comportamiento irregular, pues en años donde el pedido de los productos fue menor, hubo un mayor costo de horas extras. Y esto debido a los diversos problemas que se presentan en la producción, tal como la falta de planificación de requerimiento de material que ha ocasionado muchas veces que la materia prima no sea suficiente para cumplir con la cantidad de producto establecido para ese momento y así la cantidad a producir en un día sea menor del esperado, lo que a su vez genera que la cantidad a producir en los siguientes días se acumule, además el tiempo para cumplir con la entrega del pedido es menor, hecho por el cual hay un alto requerimiento de horas extras que se da de manera sucesiva, habiendo sobrecarga de trabajo.



3.2. Discusión de resultados

Actualmente las empresas alrededor del mundo han estado implementado diversas herramientas para optimizar sus costos, pues estos juegan un papel clave al gestionarlos de manera adecuada (Correa, Martínez, Ruiz, y Yepes, 2018). En el presente trabajo se tuvo como objetivo general planear la producción aplicando la programación lineal para optimizar los costos de la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L. planteando así un modelo que permitió planear la producción y obtener una reducción del 39% de los costos de las horas extras; de la misma manera, Roca (2019) en su trabajo realizado en una empresa siderúrgica propuso un modelo basado en la programación lineal entera mixta logrando reducir costos en la etapa de planificación, en su prueba número 1 y 2 con un ahorro del 3% y 2.6% de los costos de consumo de material, y un ahorro en los costos de consumo energético de \$75,272 y \$105,734 respectivamente.

De lo cual se infiere que la programación lineal es una herramienta que permite optimizar los recursos y los costos; además, tiene un impacto positivo para la organización. Quedando demostrado que tal y como lo afirman Hillier y Lieberman (2010), la programación lineal desde mediados del siglo 20, ha sido una herramienta potencial para optimizar recursos, generar ahorro y gestionar adecuadamente la producción en las empresas de diversos países.

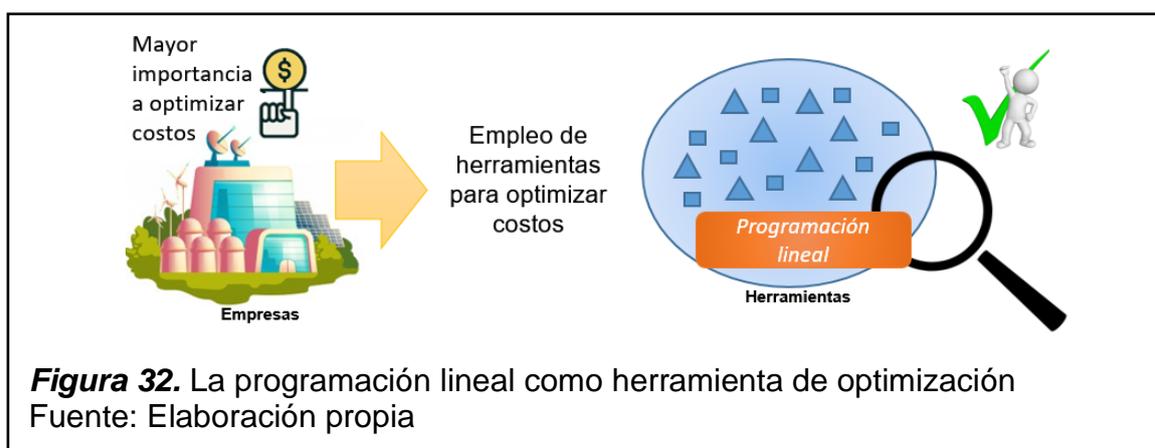


Figura 32. La programación lineal como herramienta de optimización
Fuente: Elaboración propia

Al haber analizado la situación de la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L, se encontró que los costos eran elevados, de la misma manera, los autores Incio y Vásquez (2016) en su investigación realizada en la empresa transportes Chiclayo S.A se encontraron con la misma problemática; las causas semejantes que generaban estos elevados costos eran la falta de capacitación al personal, falta de compromiso con la organización, la falta de planificación de procesos y el material insuficiente, dejando claro que es de suma importancia contar tanto con el compromiso por parte de personal y capacitarlo como también planificar las diversas actividades que se realizan y contar con los recursos necesarios para ejecutar los mismos.

Puesto que, en la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L. a pesar de contar con la tecnología necesaria para sus procesos, esta queda opacada por el personal que realiza un mal manejo de los equipos y no utilizaba los manuales de los mismos, lo que posiciona a la empresa dentro del 10% de las empresas que en Perú aún se encuentran en el proceso de aprendizaje, es decir, han adquirido tecnología, pero no han podido ejecutarla de manera eficaz (Lira, 2015).

Producciones Nacionales TC. E.I.R.L.		Transportes Chiclayo S.A.
Semejanzas	Falta de planificación de requerimiento de material y producción	Falta de planificación de los procesos
	Desinterés del personal	Falta de compromiso con la organización
	Falta de capacitación	Falta de capacitación
	Insuficiente material	Falta de material
Diferencias	Mal uso de equipos	Ausentismo del personal
	Alto requerimiento de horas extras	Falta de control a proveedores
	Desconocimiento de procesos	Falta de comunicación
	Trabajo empírico	Inadecuado almacenaje de insumos

Figura 33. Comparación- situación actual entre dos empresas
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con Taha (2012) para poder realizar y ejecutar adecuadamente un problema de programación lineal es fundamental definir matemáticamente las variables que se pretende resolver, identificar los parámetros, precisar las restricciones que se tengan, las cuales deberán ser respetadas durante todo el problema, cumpliendo con las limitantes de la empresa, y expresar la función objetivo. En el presente trabajo, fueron definidos todos los elementos que mencionaba Taha, y de igual modo lo hicieron Roca (2019) y Campos y Ricra (2017) en sus trabajos; sin embargo, a pesar de tener funciones objetivos similares al querer optimizar costos, se tuvo en cuenta diferente información (los cuales son descritos en la tabla 38) puesto que cada problema de programación lineal debe adaptarse a la situación de la empresa, no obstante, todos los modelos propuestos lograron su objetivo de optimizar los costos.

Tabla 37

Comparación-definición de elementos aplicando programación lineal

Autor	Cieza (2020)	Roca (2017)	Campos y Ricra (2019)
Función objetivo	Minimizar los costos de producción, horas extras e inventarios	Minimizas los costos de producir diferentes calidades de acero líquido	Minimizar los costos por ciclos de producción
Variables de decisión	Cantidad de producción Inventario Cantidad de horas extras	Número de lotes a fabricar	Número de ciclos para cada producto
Parámetros	Costos Porcentaje de ingrediente para mezcla	Costos Porcentaje de ingrediente para fundición	Costos Cantidad de tiempo de uso para cada producto

Tabla 36 (continuación)

	Restricción de disponibilidad de recursos	Restricciones de ingredientes	Límite máximo y mínimo de ciclos
Restricciones	Disponibilidad de horas extras	Restricciones de balance químico	Restricción de capacidad de chancado
	Restricción de no negatividad	Restricción de inventario	Disponibilidad de equipo
		Restricción de calidad	Restricción de no negatividad
		Restricción de no negatividad	
Herramienta de solución	Open Solver	Lingo	Solver

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, al realizar el análisis beneficio/ costo obtenido a partir de la propuesta de mejora basada en la programación lineal para planificar la producción en el presente trabajo, se obtuvo un ahorro de S/. 31,653.08 en los costos de horas extras, el cual, comparado con el costo de implementar la propuesta, se obtuvo un resultado de 1.51, donde por cada nuevo sol que la empresa invirtiera en la aplicación de la propuesta, obtendría un retorno de S/. 0.51.

De forma contraria, Suvimol (2015) en su trabajo realizado en la empresa Roland Digital Group, en Thailandia obtuvo que su propuesta basada en la gestión de almacenes le permitía obtener un ahorro en los costos de alquiler y operaciones de almacén de ₱ 2, 244,088; sin embargo, el análisis del beneficio/costo demostró que su propuesta no era favorable, pues se obtuvo un retorno interno negativo de 45% debido a que los costos de inversión para la propuesta fueron mayores al beneficio obtenido.

3.3. Propuesta de investigación

3.3.1. Fundamentación

La presente investigación se fundamenta en la teoría de la programación lineal como herramienta para la planeación y optimización de los costos totales, teniendo en consideración las limitaciones de la empresa relacionadas con la capacidad de producción, mano de obra y cantidad de material, y los parámetros de los diferentes costos que se dan en la producción, los tiempos requeridos para cada producto y los porcentajes de material establecidos para las mezclas.

De acuerdo con Hillier y Lieberman (2010) la programación lineal es una herramienta de gran potencial para asignar óptimamente los recursos abordando la mejor alternativa frente a un conjunto de alternativas disponibles, optimizando ya sea el rendimiento, utilidades, tiempo, distancia, beneficios, costos entre otros. Es por eso que, en las diversas industrias de alimento, bancos, petróleo, transporte de carga, educación, silvicultura entre otras, esta herramienta ha sido aplicada (Winston, 2005).

Beneficios

- a) Determinar la producción con los costos mínimos posibles.
- b) Asignar eficazmente los recursos.
- c) Aprovechar al máximo las limitaciones de la empresa
- d) Cumplir con las metas que se planifiquen.
- e) Optimizar beneficios.
- f) Optimizar costos.

3.3.2. Objetivos de la propuesta.

Optimizar la situación actual de los costos totales de la empresa a través de la aplicación de la programación lineal.

3.3.3. Desarrollo de la propuesta.

Después de haber identificado al excesivo uso de horas extras como la causa de mayor impacto sobre los altos costos, seguido de la falta de planeación de actividades y requerimiento de material, se plantea como propuesta de mejora la aplicación de la programación lineal para la planeación de la producción, con lo que se busca obtener la estimación de la producción de cada uno de los productos para cada mes y a su vez obtener el requerimiento de cada uno de los recursos utilizados con lo cual se podrá disponer de la cantidades adecuadas en el momento que se necesite y cumplir óptimamente con el pedido del cliente, sin recurrir a excesivas horas extras.

Pronóstico de ventas para el año 2020

Para realizar los pronósticos de la demanda se analizó la información histórica de las ventas en los años 2016-2019, y luego se empleó el software crystal ball para hallar el modelo más adecuado para cada producto.

Tabla 38

Histórico de ventas 2016-2019

Año	mes	P1	P2	P3	P4	P5
2016	Enero	10590	9500	12496	9567	12894
	Febrero	10710	9520	12535	9612	12944
	Marzo	10707	9519	12523	9592	12894
	Abril	10732	9520	12517	9587	12906
	Mayo	10722	9540	12522	9602	12904
	Junio	10876	9531	12537	9756	13024
	Julio	10853	9512	12544	9763	13019
	Agosto	10904	9635	12523	9663	13070
	Setiembre	10806	9707	12477	9617	12983
	Octubre	10796	9682	12469	9597	12932
	Noviembre	10775	9872	12477	9605	12947
	Diciembre	10733	9872	12472	9585	12905
2017	Enero	10683	9722	12572	9573	12895
	Febrero	10794	9703	12611	9585	12915
	Marzo	10784	9683	12599	9559	12905

Tabla 39 (continuación)

2017	Abril	10806	9713	12593	9558	12965
	Mayo	10797	9723	12598	9588	12943
	Junio	10947	9623	12613	9738	13193
	Julio	10929	9603	12620	9742	13178
	Agosto	10991	9726	12599	9644	13237
	Setiembre	10901	9810	12553	9612	13087
	Octubre	10896	9791	12545	9590	13055
	Noviembre	10868	9991	12553	9599	13050
	Diciembre	10823	10000	12548	9587	13029
2018	Enero	10813	9950	12598	9584	12996
	Febrero	10863	9931	12637	9639	13046
	Marzo	10860	9911	12625	9616	13004
	Abril	10885	9941	12619	9610	13016
	Mayo	10875	9951	12624	9622	13010
	Junio	11029	9851	12639	9787	13160
	Julio	11006	9831	12646	9792	13155
	Agosto	11057	9954	12625	9668	13220
	Setiembre	10959	10038	12579	9632	13122
	Octubre	10949	10019	12571	9622	13077
	Noviembre	10928	10219	12579	9644	13101
	Diciembre	10886	10228	12574	9635	13089
2019	Enero	10786	10178	12728	9657	13023
	Febrero	10906	10159	12767	9679	13068
	Marzo	10891	10139	12755	9624	13038
	Abril	10916	10169	12749	9619	13059
	Mayo	11066	10179	12754	9644	13044
	Junio	11166	10079	12769	9828	13243
	Julio	11146	10059	12776	9838	13238
	Agosto	11192	10182	12755	9741	13283
	Setiembre	11104	10266	12709	9709	13164
	Octubre	11092	10247	12701	9700	13131
	Noviembre	11069	10447	12709	9720	13116
	Diciembre	11021	10456	12704	9710	13066

Fuente: La empresa

A continuación, se muestran los modelos de pronóstico de demanda con el menor MAD (error absoluto medio) obtenidos para cada uno de los cinco productos.

Modelo de pronóstico de ventas del producto 1



Figura 34. Modelo de pronóstico del producto 1

El mejor modelo fue Holt Winter's Additive, con un MAD de 14.89

Fuente: Crystal Ball

Modelo de pronóstico de ventas del producto 2



Figura 35. Modelo de pronóstico del producto 2

El mejor modelo fue el método aditivo estacional con tendencia amortiguada, el cual obtuvo un MAD de 37.90

Fuente: Crystal Ball

Modelo de pronóstico de ventas del producto 3

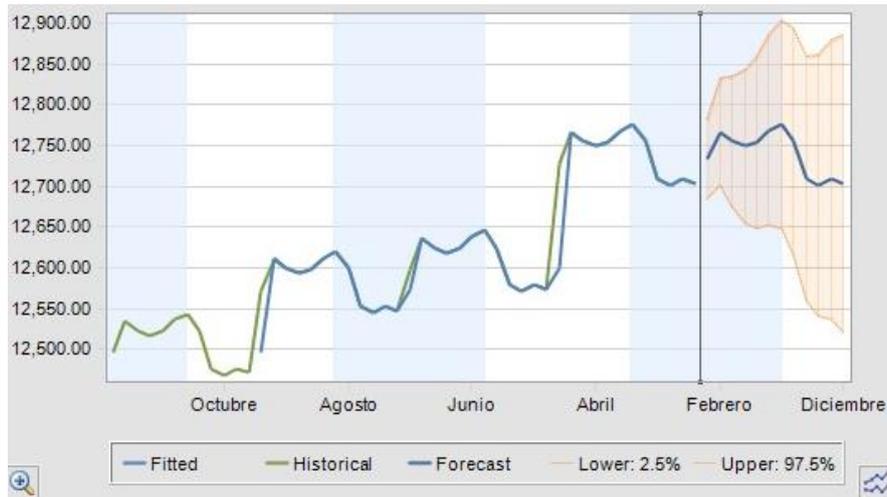


Figura 36. Modelo de pronóstico del producto 3

El mejor modelo fue el método aditivo estacional con tendencia amortiguada, el cual obtuvo un MAD de 6.42

Fuente: Crystal Ball

Modelo de pronóstico de ventas del producto 4



Figura 37. Modelo de pronóstico del producto 4

El mejor modelo fue el de Holt Winter's Multiplicativo, el cual obtuvo un MAD de 10.82

Fuente: Crystal Ball

Modelo de pronóstico de ventas del producto 5



Figura 38. Modelo de pronóstico del producto 5

El mejor modelo fue el método aditivo estacional con tendencia amortiguada, el cual obtuvo un MAD de 20.37

Fuente: Crystal Ball

Luego de haber obtenido los modelos de pronóstico correspondientes para cada producto, se estimaron las ventas para el año 2020

Tabla 39

Pronóstico de la demanda de productos para el año 2020

Año	mes	unidad	P1	P2	P3	P4	P5
2020	Enero	kg	10924	10256	12734	9698	13040
	Febrero	kg	11011	10131	12767	9749	13092
	Marzo	kg	10999	10085	12755	9734	13053
	Abril	kg	11024	10109	12749	9735	13067
	Mayo	kg	11047	10118	12754	9756	13054
	Junio	kg	11168	10056	12770	9918	13205
	Julio	kg	11147	10073	12777	9931	13179
	Agosto	kg	11198	10213	12756	9835	13225
	Setiembre	kg	11104	10295	12709	9794	13123
	Octubre	kg	11092	10269	12701	9779	13085
	Noviembre	kg	11069	10460	12709	9793	13094
	Diciembre	kg	11026	10459	12704	9778	13061

Fuente: Elaboración propia.

Programación lineal

Al tener el pronóstico de la demanda de los productos, se pasó a definir los parámetros, variables de decisión, función objetivo y restricciones para plantear el problema de programación lineal.

a) Parámetros, coeficientes y variables de decisión

A continuación, se muestra en la tabla 41 los índices, variables de decisión, coeficientes y parámetros que se establecieron para el problema de programación lineal.

Tabla 40

Definición de parámetros, coeficientes y variables de decisión

Índices	
I	Número de recursos ($i = 1,2,3, \dots, m$)
J	Número de productos ($j = 1,2,3, \dots, n$)
T	Periodos de tiempo de planificación ($t = 1,2,3, \dots, T$)
Variables de decisión	
x_{jt}	Cantidad a producir del producto j en el periodo t
I_{jt}	Cantidad de inventario al final del periodo t para el producto j
HE_{jt}	Cantidad de horas extras a emplear para el producto j en el periodo t
Coeficientes para la función objetivo	
c_{jt}	Costo unitario de producción del producto j en el periodo t
h_{jt}	Costo de inventario del producto j en el periodo t
o_{jt}	Costo de hora extra del producto j en el periodo t
Parámetros	
d_{jt}	Demanda del producto j en el periodo t
a_{ij}	Cantidad del recurso i requerido para el producto j
b_{it}	Disponibilidad de recurso i en el periodo t

Fuente: Elaboración propia

Periodo de tiempo de planificación

El periodo de tiempo de planificación es de 12 meses.

Número de recursos “I”

Los recursos utilizados para cada uno de los productos son detallados en la tabla 42.

Tabla 41

Requerimiento de recursos por producto

N ^o	Recursos	unidad	P1	P2	P3	P4	P5
1	Horas hombre	H-H	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09
2	Horas máquina	H-M	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
3	Trigo	Kg	0.23		0.25	0.22	
4	Avena	Kg	0.23	0.27	0.25		0.30
5	Kiwicha	Kg	0.23	0.10		0.19	0.10
6	Quinua	Kg		0.24	0.25	0.30	0.28
7	Soya	Kg		0.12			0.13
8	Enriquecimiento	Kg	0.09	0.07	0.25		0.08
9	Cañihua	Kg	0.23	0.10			
10	Cebada	Kg		0.07		0.30	0.10
11	Hilo	Rollo	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
12	Sacos(1/40u)	Unidad	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
13	Bolsas	unidad	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

Número de productos

Se analizarán los 5 productos que se tienen en la empresa.

Producto 1: Hojuelas de Avena, trigo y harina de kiwicha, enriquecida con Vitaminas y Minerales.

Producto 2: Hojuelas de avena, quinua, cebada, soya y harina de kiwicha, enriquecida con vitaminas y minerales.

Producto 3: Hojuelas de avena, quinua y trigo, enriquecida con vitaminas y minerales.

Producto 4: Hojuelas de quinua, cebada, trigo y harina de kiwicha, enriquecida con vitaminas y minerales.

Producto 5: Hojuelas de avena, quinua, soya y harina de cebada y Kiwicha, enriquecida con vitaminas y minerales.

Costo unitario de producción de cada producto

Tabla 42

Costos unitarios de producción

Concepto	P1	P2	P3	P4	P5
Hora hombre	S/ 0.44	S/ 0.52	S/ 0.52	S/ 0.52	S/ 0.52
Hora máquina	S/ 0.23	S/ 0.26	S/ 0.18	S/ 0.26	S/ 0.39
Trigo	S/ 0.46	S/ -	S/ 0.50	S/ 0.44	-
Avena	S/ 0.23	S/ 0.27	S/ 0.25	-	S/ 0.30
Kiwicha	S/ 0.80	S/ 0.34	-	S/ 0.65	S/ 0.35
Quinoa	-	S/ 1.34	S/ 1.38	S/ 1.63	S/ 1.53
Soya	-	S/ 0.43	-	-	S/ 0.47
Enriquecimiento	S/ 1.71	S/ 1.46	S/ 5.00	-	S/ 1.68
Cañihua	S/ 0.98	S/ 0.42	-	-	-
Cebada	-	S/ 0.15	-	S/ 0.59	S/ 0.20
Transporte	-	S/ 0.06	S/ 0.06	S/ 0.07	S/ 0.07
Hilo	S/ 0.004				
Sacos	S/ 0.01				
Bolsas	S/ 0.35				
Otros	S/ 1.03	S/ 1.12	S/ 0.90	S/ 1.16	S/ 0.87
Costo total	S/ 6.25	S/ 6.74	S/ 9.16	S/ 5.70	S/ 6.76

Fuente: Elaboración propia

Costo de inventario de cada producto

El costo de inventario para cada uno de los productos fue calculado teniendo en cuenta el promedio de ventas al año, el costo de capital, la depreciación del almacén, los costos de seguro, prestación de servicio, depreciación de los equipos utilizados en almacén, los costos de control y de mantenimiento, obteniéndose el porcentaje del costo de mantener inventario anualmente. A su vez, el porcentaje obtenido fue multiplicado por el costo unitario de cada producto. (El cálculo del costo de inventario se encuentra en el Anexo N)

Tabla 43

Costos de inventario

Concepto	P1	P2	P3	P4	P5
Costo de inventario	S/ 0.68	S/ 0.73	S/ 1.00	S/ 0.62	S/ 0.74

Fuente: Elaboración propia

Costo de hora extra

El costo de hora extra establecido por la empresa es de S/. 9.50

Disponibilidad de recursos

La disponibilidad mensual de cada uno de los recursos es detallada en la tabla 45

Tabla 44

Disponibilidad mensual de recursos

Recursos	unidad	disponibilidad/ mes
Horas hombre	H-H	4224
Horas máquina	H-M	2304
Trigo	kg	7900
Avena	kg	13500
Kiwicha	kg	6660
Quinua	kg	13500
Soya	kg	3500
Enriquecimiento	kg	6500
Cañihua	kg	4000
Cebada	kg	5500
Hilo	rollo	30
Sacos	unidad	2000
Bolsas	unidad	65000

Fuente: Elaboración propia

Función Objetivo

Para el caso en estudio del presente trabajo, se planteó como función objetivo minimizar los costos de producción, de inventario y de horas extras, siendo representada matemáticamente con la siguiente fórmula.

Minimizar (Z)

$$\sum_{j=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^n c_{jt} x_{jt} + \sum_{j=1}^n h_j I_{jt} + \sum_{j=1}^n o_j HE_{jt} \right\}$$

Donde:

Z = Valor de la función optimizada.

c_{jt} = Costo unitario de producción del producto j en el periodo t

x_{jt} = Cantidad a producir del producto j en el periodo t

h_j = Costo de inventario del producto j en el periodo t

I_{jt} = Cantidad de inventario al final del periodo t para el producto j

o_j = Costo de hora extra del producto j en el periodo t

HE_{jt} = Cantidad de horas extras a emplear para el producto j en el periodo t

b) Restricciones

La función objetivo planteada estará sujeta a las siguientes restricciones.

1. $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{jt} \leq b_{it} \quad i = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T$
2. $\sum_{j=1}^n HE_{jt} x_j \leq 20\% \times HH \text{ disponibles}$
3. $I_{jt} = I_{jt-1} + x_{jt} - d_{jt} \quad i = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T$
4. $x_{jt} \geq 0; I_{jt} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad i = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T$
5. $x_{jt} \geq 0 \in \mathbf{Z} +$

Donde:

a_{ij} = Cantidad del recurso i requerido para el producto j

x_{jt} = Cantidad a producir del producto j en el periodo t

b_{it} = Disponibilidad de recurso i en el periodo t

I_{jt} = Cantidad de inventario al final del periodo t para el producto j

d_{jt} = Demanda del producto j en el periodo t

Restricción 1, en la primera ecuación se estableció el límite máximo de disponibilidad de recurso para cada producto de manera mensual.

Tabla 45

Detalle de restricciones de uso de recursos

Recurso	Unid.	Uso de recursos " a_{ij} "									Límite/ mes	
		X1 (P1)	+	X2 (P2)	+	X3 (P3)	+	X4 (P4)	+	X5 (P5)		≤
H-H	H-H	0.08	+	0.09	+	0.09	+	0.09	+	0.09	≤	4224
H-M	H-M	0.01	+	0.01	+	0.01	+	0.01	+	0.02	≤	2304
Trigo	Kg	0.23	+		+	0.25	+	0.22	+		≤	7900
Avena	Kg	0.23	+	0.27	+	0.25	+		+	0.3	≤	13500
Kiwicha	Kg	0.23	+	0.1	+		+	0.19	+	0.1	≤	6660
Quinua	Kg		+	0.24	+	0.25	+	0.3	+	0.28	≤	13500
Soya	Kg		+	0.12	+		+		+	0.13	≤	3500
Enriquecimiento	Kg	0.09	+	0.07	+	0.25	+		+	0.08	≤	6500
Cañihua	Kg	0.23	+	0.1	+		+		+		≤	4000
Cebada	Kg		+	0.07	+		+	0.3	+	0.1	≤	5500
Hilo	Rollo	0.0003	+	0.0003	+	0.0003	+	0.0003	+	0.0003	≤	30
Sacos(1/40u)	Unid.	0.03	+	0.03	+	0.03	+	0.03	+	0.03	≤	2000
Bolsas	Unid.	1	+	1	+	1	+	1	+	1	≤	65000

Fuente: Elaboración propia

El límite de horas hombre disponibles en el mes, se estableció sabiendo que se cuenta actualmente con 22 operarios para la operación de producción, los

cuales trabajan una jornada de 8 horas al día, laborando 6 días a la semana por 4 semanas al mes

$$22 \text{ operarios} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{semana}} \times 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}} = 4224 \frac{H - H}{\text{mes}}$$

El límite de horas máquina, se realizó tomando en cuenta la disponibilidad de horas del funcionamiento de las máquinas. Se determinó que cada máquina es utilizada 8 horas diarias, acumulando un total de 48 horas semanales, 192 horas mensuales.

$$12 \text{ máquinas} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{semana}} \times 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}} = 2304 \frac{H - M}{\text{mes}}$$

Restricción 2, en la segunda ecuación se definió el máximo de horas extras estableciendo una política de sobretiempo máximo del 20% de las horas hombres disponibles.

$$\text{Límite de horas extras} = 4224 \text{ horas} \times 20\% = 844.8 \text{ horas extras.}$$

Restricción 3, la tercera ecuación hace referencia a la cantidad de inventario que se tendrá para cada producto en un periodo definido, el cual se hallará sumando el inventario del periodo anterior más lo producido en el periodo actual y restándole la demanda de ese periodo.

Restricción 4, aquí se hace referencia a las restricciones de no negatividad tanto para la producción como para el inventario estableciendo que estas podrán ser mayores o iguales a 0.

Restricción 5, se agregó la restricción que la variable de producción sea entera, la cual convierte al modelo en uno de programación lineal entera mixta.

Después de haber definido las variables de decisión, parámetros, restricciones y la función objetivo, se ejecutó el modelo de programación lineal

entera mixta, obteniendo la solución que se observa en la figura 39, mostrando la cantidad a producir en los diferentes meses para cada producto satisfaciendo la demanda y cumpliendo con las diferentes limitaciones de los recursos requeridos para la producción de los mismos, además, también se muestra los meses en donde se genera inventario.

La cantidad a producir, en algunos meses es mucho más que la demanda lo que genera inventario, esto a su vez genera que en esos meses haya un aumento de horas extras; sin embargo, disminuye la cantidad a producir en los próximos meses disminuyendo también el sobretiempo que se genera normalmente en la empresa.

Los costos que se obtuvieron con el modelo fueron: costo de producción (mano de obra, transporte, materia prima, materiales indirectos y CIF) de S/.4,756,06.85, un costo de horas extras de S/. 55, 443.64 y un costo de inventario de S/.3,091.28, lo que en total sumó un costo mínimo de S/. 4, 815,141.77

Tabla 46

Costos totales obtenidos después de aplicar la propuesta

Concepto	Resumen de costos
<i>Costos de producción</i>	S/ 4, 756,606.85
<i>Costos de horas extras</i>	S/ 55,443.64
<i>Costos de inventario</i>	S/ 3,091.28
Total de costos	S/ 4,815,141.77

Solución generada por open solver en Excel

Mes	Cantidad a Producir "xjt"					Inventario Inicial	Cantidad de Inventario "Ijt"					Costos T. de hora extra
	X1	X2	X3	X4	X5		X1	X2	X3	X4	X5	
enero	10924	10256	12735	9987	13040	0	0	1	289	0	S/ 4,663.98	
febrero	11025	10131	12768	9846	13092	14	0	2	386	0	S/ 4,582.63	
marzo	11261	10086	12754	9619	13053	276	1	1	271	0	S/ 4,472.55	
abril	11308	10109	12751	9574	13073	560	1	3	110	6	S/ 4,499.42	
mayo	11237	10121	12751	9646	13090	750	4	0	0	42	S/ 4,535.17	
junio	10943	10081	12770	9928	13278	525	29	0	10	115	S/ 4,708.36	
julio	10942	10044	12777	9921	13329	320	0	0	0	265	S/ 4,719.14	
agosto	11046	10213	12756	9836	13085	168	0	0	1	125	S/ 4,639.76	
setiembre	11080	10295	12709	9796	13002	144	0	0	3	4	S/ 4,590.26	
octubre	11070	10272	12701	9776	13084	122	3	0	0	3	S/ 4,609.00	
noviembre	10971	10457	12709	9797	13091	24	0	0	4	0	S/ 4,724.35	
diciembre	11002	10459	12704	9774	13061	0	0	0	0	0	S/ 4,699.02	
Costos T. de Producción:	S/	4,756,606.85				Costos de Inventario:	S/	3,091.28			Total	S/ 55,443.64

Requerimiento de recursos														
H-H	HE	Horas Netc	H-M	Trigo	Avena	Kiwicha	Quinua	Soya	Enriq.	Cañihua	Cebada	Hilo	Sacos	Bolsas
4714.95	490.95	4714.95	1503.23	7900.00	12370.53	6659.70	12276.27	3001.07	5964.49	3497.50	5022.30	14.24	1424	56942
4706.38	482.38	4706.38	1501.22	7900.00	12384.03	6649.71	12226.74	2992.80	5976.61	3508.39	4976.61	14.22	1422	56862
4694.79	470.79	4694.79	1498.47	7900.00	12410.62	6653.30	12134.14	2982.08	5986.78	3557.94	4902.13	14.19	1419	56773
4697.62	473.62	4697.62	1499.61	7899.99	12432.83	6659.97	12131.24	2987.57	5993.42	3570.93	4892.50	14.20	1420	56815
4701.39	477.39	4701.39	1500.56	7899.76	12424.95	6659.95	12160.23	2991.32	5989.64	3555.87	4916.42	14.21	1421	56845
4719.62	495.62	4719.62	1505.83	7899.98	12408.55	6660.00	12291.15	3011.67	5982.03	3484.77	5015.98	14.25	1425	57000
4720.75	496.75	4720.75	1506.40	7899.95	12415.55	6660.00	12296.00	3014.01	5985.27	3480.93	5016.33	14.25	1425	57013
4712.40	488.40	4712.40	1503.11	7899.58	12405.72	6659.95	12238.83	3001.86	5980.83	3521.19	4978.94	14.23	1423	56936
4707.19	483.19	4707.19	1501.36	7886.71	12398.67	6659.96	12212.11	3000.72	5971.03	3536.96	4964.74	14.22	1422	56882
4709.16	485.16	4709.16	1502.35	7877.98	12412.98	6659.98	12221.41	3008.92	5973.37	3532.43	4965.38	14.23	1423	56903
4721.30	497.30	4721.30	1505.65	7862.02	12444.10	6660.00	12276.70	3032.43	5981.01	3527.85	4985.85	14.26	1426	57025
4718.63	494.63	4718.63	1504.83	7862.74	12441.41	6660.00	12260.77	3028.64	5980.04	3535.13	4976.16	14.25	1425	57000
4224	≤ 844.8		≤ 2304	≤ 7900	≤ 13500	≤ 6660	≤ 13500	≤ 3500	≤ 6500	≤ 4000	≤ 5500	≤ 30	≤ 2000	≤ 65000

Costos T. Producción+C. T Invent. +
C. T horas extras min S/ 4,815,141.77

Figura 39. Solución generada por Open Solver en Excel.

Análisis de sensibilidad

Se determinó los cambios por los cuales atravesaría el problema de programación lineal planteado, si se sufrieran cambios en la disponibilidad de los recursos, para lo cual se tuvo un enfoque en las restricciones activas, es decir aquellas donde el recurso es usado en su totalidad, pues estas nos permiten hallar en cuánto mejoraría el problema si se contara con una unidad adicional del recurso disponible.

a) Programación lineal continua (sin enteros)

Ya que Open Solver, no puede generar reportes de sensibilidad con variables enteras, se quitó la restricción de enteros a las variables de producción y así poder evaluar los precios sombras generados para los recursos, y luego analizar un cambio de disponibilidad en el modelo de programación lineal entera mixta. El problema de programación lineal, quedó simplificado de la siguiente manera:

Minimizar (Z)

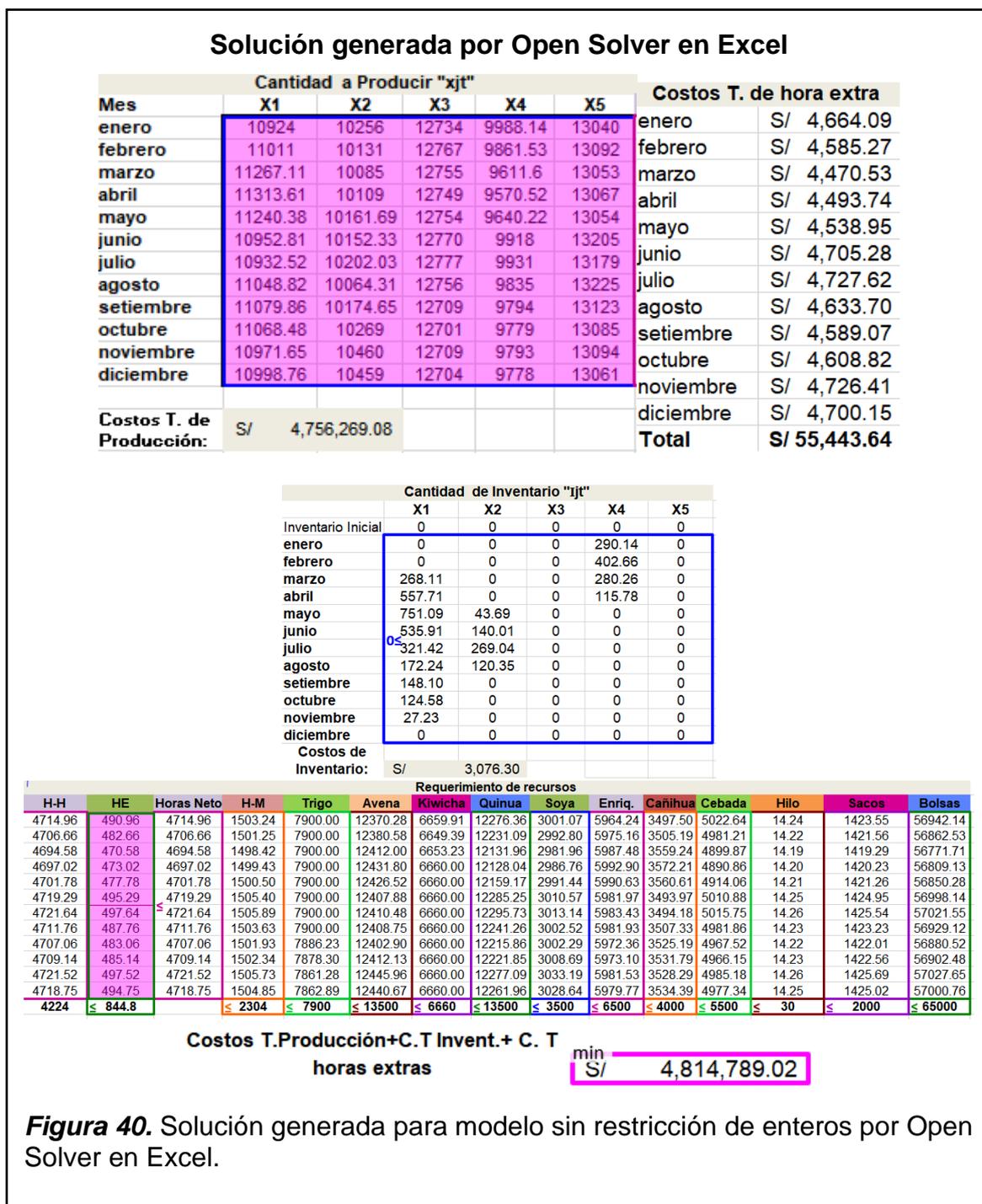
$$\sum_{j=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^n c_{jt} x_{jt} + \sum_{j=1}^n h_j I_{jt} + \sum_{j=1}^n o_j HE_{jt} \right\}$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

1. $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{jt} \leq b_{it} \quad i = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T$
2. $\sum_{j=1}^n HE_{jt} x_j \leq 20\% \times HH \text{ disponibles}$
3. $I_{jt} = I_{jt-1} + x_{jt} - d_{jt} \quad i = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T$
4. $x_{jt} \geq 0 \quad ; \quad I_{jt} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad i = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T$

Al ejecutar Open Solver para la solución del nuevo modelo se obtuvo un costo de S/. 4,814.789.02 como se muestra en la figura 40, menor al modelo con enteros debido a que este por ser un modelo continuo, admite que las variables de

decisión sean valores fraccionados, permitiendo que los costos se reduzcan aún más en algunos conceptos, tal y como sucedió en el caso del inventario.



En la tabla 48 se muestra los precios sombra generados para los meses donde tanto la kiwicha como el trigo fueron utilizados en su totalidad, generando de esta forma una restricción activa.

Tabla 47*Reporte de análisis de sensibilidad*

Recurso	Mes	Valor Final	Precio sombra	Disponibilidad de recurso	Permisible aumentar	Permisible Reducir
Kiwicha	Abril	6660	-1.09	6660	10.21	6.77
	Mayo	6660	-2.19	6660	10.21	4.29
	Junio	6660	-9.50	6660	4.26	4.29
	Julio	6660	-16.82	6660	4.26	4.29
	Agosto	6660	-24.14	6660	4.26	4.29
	Setiembre	6660	-31.46	6660	4.26	4.29
	Octubre	6660	-34.44	6660	4.26	4.29
	Noviembre	6660	-37.42	6660	4.26	4.29
	Diciembre	6660	-40.40	6660	4.26	4.29
Trigo	Enero	7900	-8.00	7900	0.11	4.29
	Febrero	7900	-10.80	7900	4.26	4.29
	Marzo	7900	-13.59	7900	4.26	4.29
	Abril	7900	-15.48	7900	4.26	4.29
	Mayo	7900	-17.36	7900	4.26	13.77
	Junio	7900	-13.02	7900	11.74	13.77
	Julio	7900	-8.68	7900	11.74	13.77
	Agosto	7900	-4.34	7900	11.74	13.77

Fuente: Reporte de sensibilidad generado por OpenSolver

El reporte de sensibilidad mostró precios sombras negativos para los meses que se presentan en la tabla 49 tanto para el caso de los recursos de kiwicha y trigo, los que indican que, por cada kilogramo agregado a la disponibilidad de cualquiera de estos recursos, el valor óptimo se disminuiría, es decir que si se aumentara la capacidad de kiwicha o trigo el costo se reduciría aún más. A continuación, en la tabla 49 se muestra el cambio que sufre el valor óptimo obtenido en la solución del modelo de programación lineal en los diferentes meses cuando se añade un kilogramo más a la disponibilidad tanto de kiwicha como de trigo.

Tabla 48*Cambio del valor óptimo obtenido*

Recurso	Mes	Precio sombra	Valor óptimo obtenido	Nuevo valor óptimo al agregar una unidad más
Kiwicha	Abril	-1.09	S/4,815,141.77	S/4,815,140.68
	Mayo	-2.19	S/4,815,141.77	S/4,815,139.58
	Junio	-9.5	S/4,815,141.77	S/4,815,132.27
	Julio	-16.82	S/4,815,141.77	S/4,815,124.95
	Agosto	-24.14	S/4,815,141.77	S/4,815,117.63
	Setiembre	-31.46	S/4,815,141.77	S/4,815,110.31
	Octubre	-34.44	S/4,815,141.77	S/4,815,107.33
	Noviembre	-37.42	S/4,815,141.77	S/4,815,104.35
	Diciembre	-40.4	S/4,815,141.77	S/4,815,101.37
Trigo	Enero	-8	S/4,815,141.77	S/4,815,133.77
	Febrero	-10.8	S/4,815,141.77	S/4,815,130.97
	Marzo	-13.59	S/4,815,141.77	S/4,815,128.18
	Abril	-15.48	S/4,815,141.77	S/4,815,126.29
	Mayo	-17.36	S/4,815,141.77	S/4,815,124.41
	Junio	-13.02	S/4,815,141.77	S/4,815,128.75
	Julio	-8.68	S/4,815,141.77	S/4,815,133.09
	Agosto	-4.34	S/4,815,141.77	S/4,815,137.43

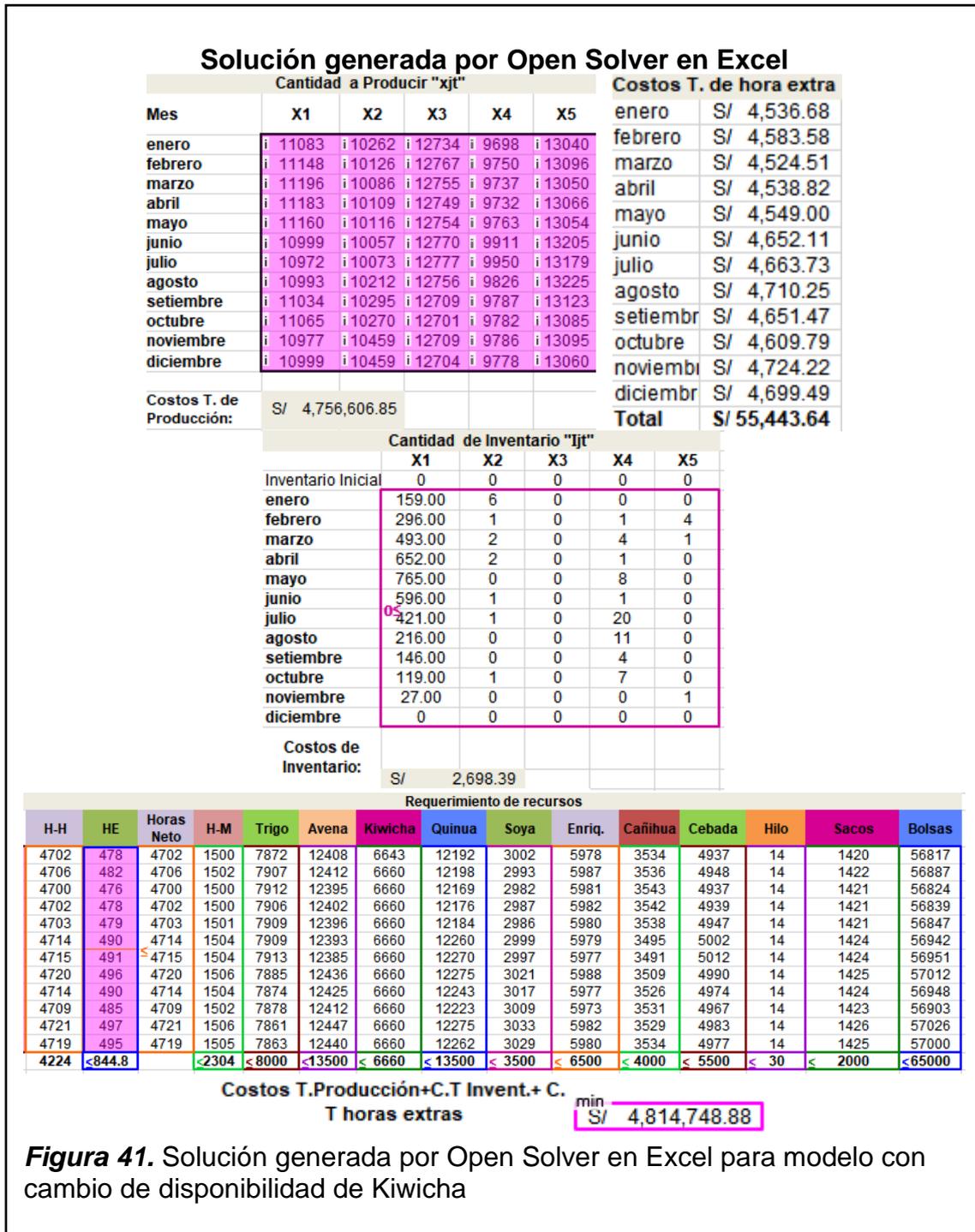
Fuente: Reporte de sensibilidad generado por OpenSolver

b) Cambio de valores de las restricciones de disponibilidad de recursos

Para poder realizar la elección de los recursos a los cuales se aplicó el cambio de valores de disponibilidad, se eligieron aquellos recursos donde se encontraron restricciones activas, es decir donde el recurso había sido usado totalmente, quedando seleccionados tanto el trigo como la kiwicha

Trigo

La disponibilidad actual para el trigo es de 7900kg, la pregunta que se generó fue ¿En qué forma se afectaría los costos del modelo actual, si se aumentara la disponibilidad de trigo de 7900 kg a 8000kg?



Al realizar la solución con la nueva disponibilidad de trigo, se obtuvo que los costos serían de S/.4,814.748.88 tal y como se muestra en la figura 41, pues al disponerse mayor cantidad de trigo, el modelo establece que se genere mayor cantidad del producto 1 en algunos meses (pues este es uno de los productos con menor costo de inventario después del producto 4), pero equilibrando los costos que se tienen por horas extras. Lo que permite una reducción de costos en el inventario de productos terminados, y hace que la solución obtenida en este modelo sea menor al planteado.

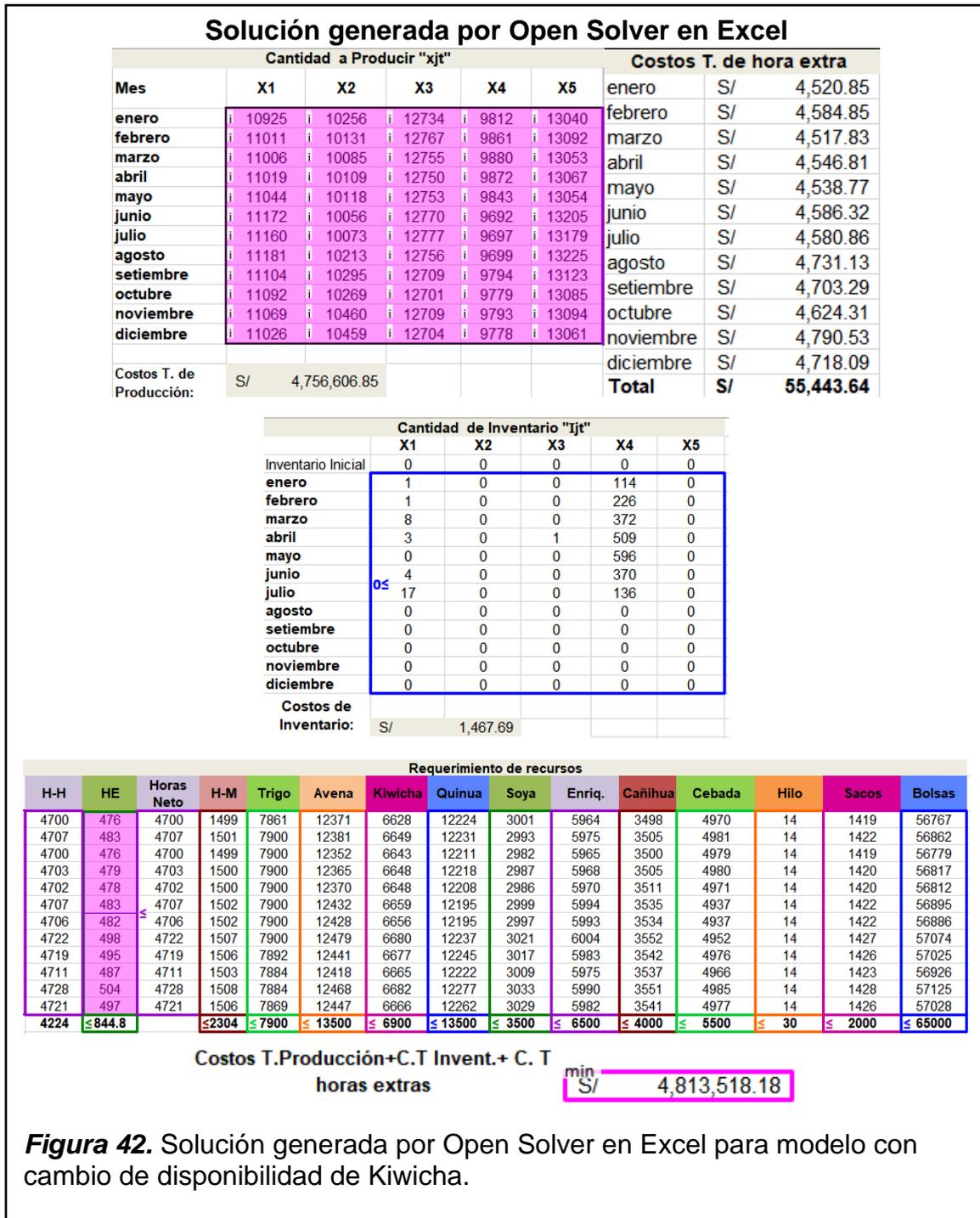
Tabla 49

Costos totales obtenidos del modelo con cambio de disponibilidad de trigo

Concepto	Resumen de costos
<i>Costos de producción</i>	S/ 4, 756, 606.85
<i>Costos de horas extras</i>	S/ 55,443.64
<i>Costos de inventario</i>	S/ 21, 698.39
Total de costos	S/ 4,814.748.88

Kiwicha

La disponibilidad actual para la kiwicha es de 6660kg, la pregunta que se generó fue ¿En qué forma se afectaría los costos del modelo actual, si se aumentara la disponibilidad de kiwicha de 6660 kg a 6900kg?



Al realizar la solución con la nueva disponibilidad de trigo, se obtuvo que los costos serían de S/.4,813,518.18 tal y como se muestra en la figura 42, pues al disponerse mayor cantidad de kiwicha, el modelo establece que se genere mayor cantidad del producto 4 en algunos meses y generar inventario (pues este es el producto con menor costo de inventario), pero equilibrando los costos que se tienen por horas extras. Lo que permite una reducción de costos en el inventario de productos terminados, y hace que la solución obtenida en este modelo sea menor al planteado.

Tabla 50

Costos totales obtenidos del modelo con cambio de disponibilidad de kiwicha

Concepto	Resumen de costos
<i>Costos de producción</i>	S/ 4, 756, 606.85
<i>Costos de horas extras</i>	S/ 55,443.64
<i>Costos de inventario</i>	S/ 1. 467.69
Total de costos	S/ 4,813,518.18

En la tabla 52 se muestra el resumen de los costos obtenidos en los diferentes modelos analizados.

Tabla 51

Resumen de costos de los modelos analizados

Costos	Modelo propuesto	Modelo continuo	Modelo con aumento de disponibilidad de recurso	
			Trigo	Kiwicha
Costos de producción	S/4,756,606.85	S/4,756,269.08	S/4,756,606.85	S/ 4, 756, 606.85
Costos de horas extras	S/55,443.64	S/55,443.64	S/55,443.64	S/ 55,443.64
Costos de inventario	S/3,091.28	S/3,076.30	S/2,698.39	S/ 890.10
Costos totales	S/4,815,141.77	S/4,814,789.02	S/4,814,748.88	S/ 4,812,940.59

3.3.4. Situación de costos totales con la propuesta.

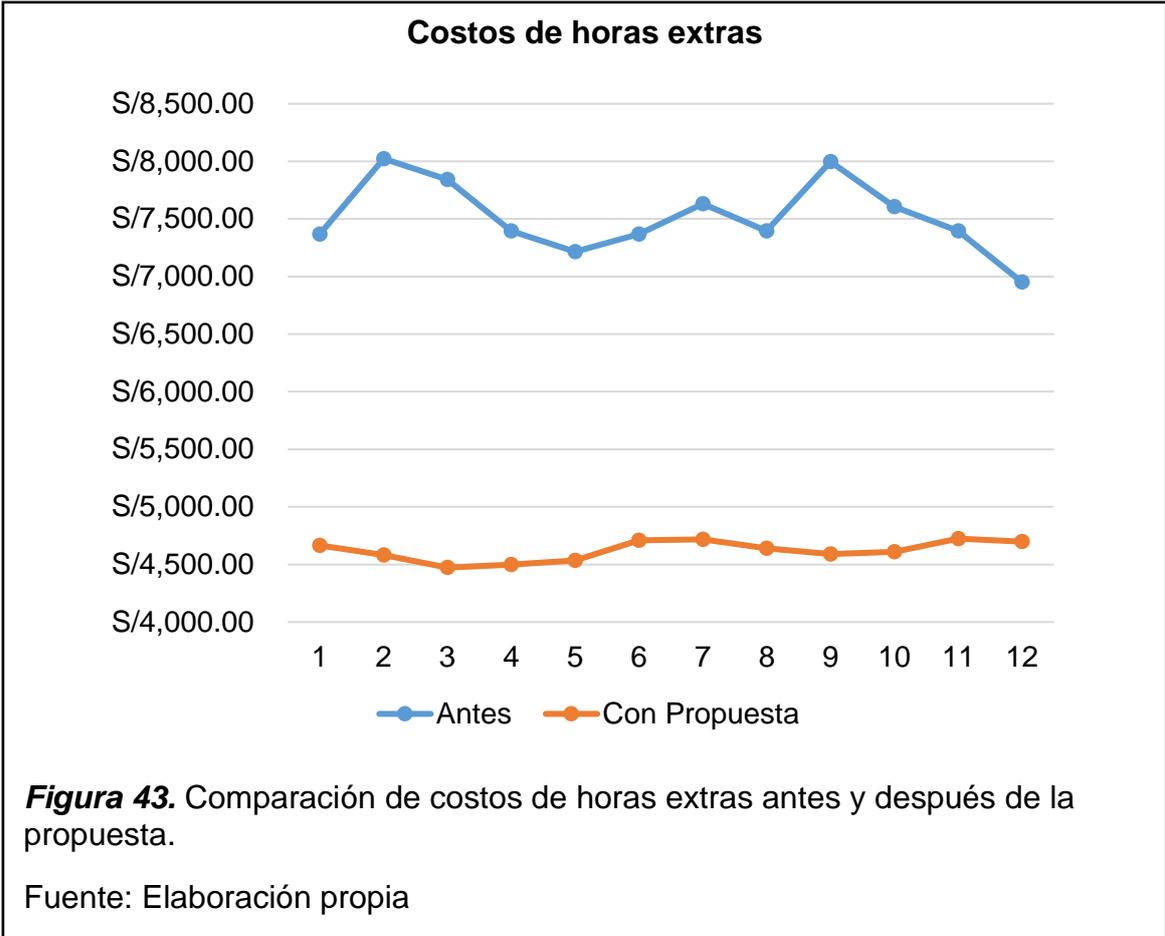
Al analizar los costos totales con la propuesta de mejora, se observó que los costos de horas extras se optimizarían en los diferentes meses, disminuyendo en aproximadamente un 39% del total anual. Al considerar el mantener inventario de diferentes productos en algunos meses, permitió tanto disminuir el costo de horas extras como lograr en los trabajadores un mejor desempeño pues la sobrecarga de trabajo actual disminuiría.

Tabla 52

Análisis de la situación de costos con la propuesta

Costos de horas extras			
Mes	Antes	Con Propuesta	% Variación
Enero	S/7,369.00	S/4,663.98	-37%
Febrero	S/8,023.00	S/4,582.63	-43%
Marzo	S/7,841.00	S/4,472.55	-43%
Abril	S/7,396.00	S/4,499.42	-39%
Mayo	S/7,214.00	S/4,535.17	-37%
Junio	S/7,369.00	S/4,708.36	-36%
Julio	S/7,632.00	S/4,719.14	-38%
Agosto	S/7,396.00	S/4,639.76	-37%
Septiembre	S/7,996.00	S/4,590.26	-43%
Octubre	S/7,605.00	S/4,609.00	-39%
Noviembre	S/7,396.00	S/4,724.35	-36%
Diciembre	S/6,951.00	S/4,699.02	-32%
Total	S/90,188.00	S/55,443.64	-39%

Fuente: Elaboración propia.



3.3.5. Análisis beneficio/costo de la propuesta.

La aplicación del modelo de programación lineal entera mixta permitiría que los costos sean optimizados, pues se planifica la producción y además se obtiene el requerimiento de los recursos para los diferentes meses, generando que se tenga una mejor noción de las cantidades a pedir de los recursos para cada periodo, asegurando que el material sea suficiente, se cumpla con la producción que es planificada, también disminuye la sobrecarga de trabajo y a su vez asegura que no haya retrasos en la entrega del producto.

A continuación, se muestra en la tabla 54 los costos en los que se incurriría para la implementación de la propuesta

Tabla 53*Inversión de propuesta*

<i>Inversión para la propuesta de mejora</i>			
Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Estudio de planeación aplicando programación lineal	1	S/4,500.00	S/4,500.00
Licencia Open Solver	1	S/2,000.00	S/2,000.00
Consultor especialista en Open Solver	1	S/2,500.00	S/2,500.00
Capacitación Open Solver	3	S/800.00	S/2,400.00
Capacitación a personal	12	S/500.00	S/6,000.00
Papelería	1	S/1,600.00	S/1,600.00
Otros	1	S/2,000.00	S/2,000.00
Total			S/21,000.00

Fuente: Elaboración propia

El beneficio obtenido después de aplicar la propuesta fue de S/.31,653.08 luego de aplicar la propuesta de mejora, esta se muestra en la tabla 55.

Tabla 54***Beneficio de la propuesta***

Concepto	Costo	Total
Situación actual	Costo de horas extras	S/90,188.00
Con propuesta	Costo de horas extras	S/55,443.64
	Costo de inventario	S/3,091.28
Ahorro		S/31,653.08

Fuente: Elaboración propia

Entonces el beneficio costo obtenido a partir de la implementación de la propuesta es:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{S/. 31,653.08}{S/. 21,000.00} = 1.51$$

Demostrando de esta manera que la propuesta es rentable para la empresa, ya que, si la propuesta es aplicada por cada sol que se invierta la empresa ganaría S/. 0,51

CAPITULO IV:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. Se determinó la situación actual de la empresa aplicando una entrevista al jefe de producción, encuesta a los trabajadores, análisis documentario y observación, donde a través de un diagrama de Ishikawa encontrando que los costos de la empresa eran elevados, debido a que no planificaba la producción ni el requerimiento de material, llevando un trabajo empírico; además, de no capacitar al personal el cual muchas veces incurría en malas maniobras y un mal manejo de los equipos, y recibía una sobrecarga de trabajo, la que influía en el desempeño de sus actividades.
2. Se definieron las variables de decisión: cantidad a producir para cada producto, la cantidad de inventario para cada producto y la cantidad de horas extras a emplear, los parámetros: la demanda de los productos, la cantidad de recurso requerido y la disponibilidad de los recursos, la función objetivo fue la minimización de los costos de producción, de horas extras y de inventario, y se establecieron 5 tipos de restricciones para aplicar la programación lineal en el planeamiento de la producción.
3. Se determinó que si la propuesta de investigación basada en la programación lineal es aplicada para el planeamiento de la producción se lograría optimizar los costos de horas extras en un 39%, obteniendo un ahorro de S/. 31,653.08, demostrando que esta herramienta tiene un gran potencial para optimizar tanto los costos, como para planear la producción y el requerimiento del material usándolo eficientemente.
4. Se evaluó el beneficio- costo de la propuesta obteniéndose 1.51, con lo que se demuestra que esta es rentable para la empresa.

4.2. Recomendaciones

- a) Los datos que sean empleados para el modelo de programación lineal, deberán ser actualizados, de acuerdo a la disponibilidad del material, y la demanda y costos que se tenga de cada producto.

- b) Además, se recomienda a la empresa evaluar la posibilidad de generar inventario de productos terminados, pues de acuerdo a la propuesta de investigación si se realiza inventario de productos terminados en ciertos periodos se puede regularizar la cantidad de horas extras.

- c) Es recomendable que se realice un estudio de gestión de inventarios y estandarización de procesos para complementar este estudio pues al combinarla con la aplicación de la programación lineal entera mixta propuesta para la planeación de la producción se obtendrían mejores resultados respecto a los costos elevados que presenta la empresa.

REFERENCIAS

- Anaya, Y. (2017). *Diseño de un sistema de gestión de abastecimiento para reducir los costos en la línea de banano congelado de la Empresa Procesadora Perú SAC– Chiclayo – Perú- 2017*. (Tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J. y Martin, K. (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios*. (11ª ed.) México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Avalos, V., Sanandrés, L., Orna, L., Vallejo, D. y Izurieta, M. (2018). Estructura de costos en medianas y pequeñas empresas del Ecuador. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/costos-empresas-ecuador.html>
- Balcázar, D. (2016). Implementación de un sistema de planeamiento y control de producción. Caso empresa Packaging Products del Perú. (Tesis de pregrado). Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú.
- Bernabe, H. (2009). *Desarrollo de la investigación de operaciones*. Argentina: El Cid Editor. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Boiteux, O.; Corominas, A. y Lusa, A. (2007). Estado del arte sobre planificación agregada de la producción. *Enginyeria d'Organització i Logística Industrial*, 4(2), 1–39.
- Caldentey E. y Pizarro C. (2013). *Administración de inventarios*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/napolinis/adm-inventarios-28042094>

- Campos, M. y Ricra, R. (2017). *Impacto de la programación lineal con el uso de solver en la optimización de las operaciones de cargó-acarreo de mineral en la mina Lagunas Norte, La Libertad, 2017*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Castillo, E., Conejo A. J., Pedregal P., García R. y Alguacil N. (2002). *Building and Solving Mathematical Programming Models in Engineering and Science*. Doi: 10.1002 / 9780471225294
- Cerda, H. (1991). *Los elementos de la Investigación*. Bogotá: El Búho.
- Contreras, E. y Sánchez, S. (2016). *Diseño de procesos de producción de kekitos y alfajores en el marco de lean manufacturing para reducir costos de producción en la panadería y pastelería Rikitos SAC- Chiclayo 2014*. (Tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Correa, D., Martínez, L., Ruiz, M., y Yepes, M. (2018). Los indicadores de costos: una herramienta para gestionar la generación de valor en las empresas industriales colombianas. *Estudios Gerenciales*, 34 (147), 190-199. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2018.147.2643>
- Díaz, I. (2017). *Propuesta de mejora a la gestión de abastecimiento para la empresa ancora Chile S.A.* (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile.
- Fernández, F. (2017, 1 de mayo). El reto de reducir la informalidad y el desempleo en Lambayeque. *Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/lambayeque/el-reto-de-reducir-la-informalidad-y-el-desempleo-en-lambayeque-746889/>
- Fernández, V y Zelaia, A. (2011). *Investigación Operativa. Programación lineal*. OpenCourseWare - La Universidad del País Vasco.
- Flores, J. (2008). *Costos y presupuestos: teoría y práctica* (2ª ed.). Lima: Gráfica Santo Domingo.
- Gil, P. (2016). *Técnicas e instrumentos para la recogida de información*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>

- Guerrero, S. (2009). *Programación lineal aplicada*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ª ed.). México: McGraw-Hill Education.
- Hillier, F. y Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. (9ª ed.). México: McGraw Hill Education.
- Incio, E. y Vásquez, F. (2016). *Aplicación de la programación lineal para la reducción de costos en el área de producción de la empresa Agroindustrial Tumán S.A.A – 2016*. (Tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Krajewski, L., Ritzman, L. y Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones. Procesos y cadena de valor*. (8ª ed.). México: Pearson Educación.
- Lira, J. (2015, 14 de octubre). *Competitividad de las cadenas de suministro en el Perú aún es baja. Gestión*. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/empresas/competitividad-cadenas-suministro-peru-baja-102422-noticia/>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2018). *Reporte de comercio Regional Lambayeque-2018*. Recuperado de https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaciones/estadisticas/reporte_regional/RRC_Lambayeque_2018_Anual.pdf
- Monks, J. G. (1988). *Serie schaum: Administración de operaciones*. México: McGraw-Hill. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Moya, M. (2011). Planeación de la producción mediante la programación lineal con incertidumbre: Uso del programa OR Brainware decisión tools. *Tecnología en marcha*, 24 (4), 85-95.
- Norena, A., Alcaraz, N., Rojas, J. y Rebolledo, D. (2012). Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. *Aquichan* 12, (3), pp.263-274.

- Onieva, G. (2017). *La organización de la producción: Historia y campos de aplicación*. España: Universidad de Málaga (UMA). Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Pacahuala, M. (2015). *Reducción de costos operativos en desarrollos mediante actualización de estándares en perforación y voladura, caso de la empresa especializada Mincotrall S.R.L.* (Título de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Peralta, N. (2015). El pelotón de avanzada- Cuarto estudio sobre la situación del Supply Chain Management en el Perú. *Semana Económica*. Recuperado de http://gs1pe.org/pdf_gs1pe/04_cuarto_estudio_SC_Peru_gs1pe_web.pdf
- Rivero, J. (2013). *Costos y presupuestos: reto de todos los días*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Roca, E. (2019). *Programación de la producción en una empresa siderúrgica usando programación lineal entera mixta*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Rojas, M., Valencia, M., y Cuartas, D. (2017). Optimización Racional de Costos. *Espacios*, 38 (39), 8.
- Sapag, N. (2011). *Proyectos de inversión. Formulación y evaluación*. (2ª ed.). Chile: Pearson Educación.
- Sharma, D. (2017). Application of Cost Reduction Tools in Manufacturing Organizations at Pokhara. *Janapriya Journal of Interdisciplinary Studies*, 6, 45-59.
- SNI (8 de octubre, 2019). *Informe Global de competitividad 2019* [Nota de prensa]. Recuperado de <http://www.cdi.org.pe/pdf/IGC/2019/NOTA-DE-PRENSA-PERU-WEF.pdf>
- Solari, I. (2017). *Rediseño de procesos para reducir costos mediante la disminución de los niveles de inventario de madera Arauco S.A.* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Suvmol, M. (2015). *Cost-benefit analysis of investment in warehouse management system (WMS) A case study of Roland Digital Group (Thailand) LTD.* (Tesis de maestría). Universidad de Thammasat, Bangkok, Thailandia.

Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones.* (9ª ed.) México: Pearson Educación.

Winston, W. (2005). *Investigación de operaciones: aplicaciones y algoritmos.* (4ª ed.) México: International Thomson Editores S. A.

ANEXOS

Anexo A. Autorización

Ciudad, 25 de noviembre de 2019

Quien suscribe:

Sr. Mario Torres Elera

Representante Legal- Empresa Producciones Nacionales TC E.I.R.L.

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado: PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN APLICANDO PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA EMPRESA PRODUCCIONES NACIONALES TC. E.I.R.L.

Por el presente, el que suscribe, señor **Mario Torres Elera** representante legal de la empresa **Producciones Nacionales TC E.I.R.L.**, AUTORIZO a la alumna **Cieza Vasquez Veronica Violeta**, identificada con **DNI N° 72536587**, al uso de dicha información que conforma el expediente técnico, así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de Ingeniería Industrial, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.



Mario Elera Torres: DNI N°17449999

Gerente General de la Empresa

Anexo B. Guía de entrevista

ENTREVISTA A JEFE DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA PRODUCCIONES NACIONALES TC. E.I.R.L.

Objetivo

Identificar la situación actual de la empresa Producciones Nacionales T.C. E.I.R.L. respecto a la planificación de la producción y costos.

Preguntas

1. ¿La empresa cuenta con algún sistema de planificación para sus procesos?
2. ¿Cuáles son los problemas que frecuentemente se dan en el área de producción?
3. ¿Los procesos se encuentran estandarizados para cada área?
4. ¿La capacidad de planta es tomada en cuenta al momento de producir?
5. ¿De qué depende la capacidad de producción?
6. ¿Cómo se establecen los porcentajes de los insumos en las mezclas?
7. ¿Cuáles son los horarios de trabajo del personal de producción?
8. ¿Se capacita al personal?
9. ¿Se cuenta con inventario de productos terminados?
10. ¿Los costos de la producción han sido identificados? ¿Se lleva un control de estos?
11. ¿Ha notado alguna variación en los costos?

Anexo C. Cuestionario

CUESTIONARIO

El presente cuestionario de preguntas tiene por objetivo recoger información acerca de la situación actual en la empresa Producciones Nacionales T.C. E.I.R.L.

INSTRUCTIVO

Lea detenidamente los aspectos que se le pregunten y coloque un aspa donde crea conveniente

- Totalmente en desacuerdo= 1
- En desacuerdo=2
- Ni en acuerdo, ni en desacuerdo= 3
- De acuerdo=4
- Totalmente en desacuerdo= 5

N°	Pregunta	1	2	3	4	5
1	¿Los procedimientos que realiza están definidos claramente?					
2	¿Se realiza la planificación del requerimiento de insumos/materia prima?					
3	¿Se lleva un registro de la cantidad de materia prima recepcionada?					
4	¿Se verifica la calidad de los recursos recepcionados?					
5	¿Cree que la capacitación que recibe es suficiente para el desempeño de sus labores?					
6	¿La materia prima/insumos es siempre empleada de acuerdo a las proporciones establecidas?					
7	¿Dispone oportunamente de los recursos para realizar las actividades de producción?					
8	¿Se cumple con la cantidad a producir establecida para cada jornada?					
9	¿Los equipos son utilizados en su capacidad máxima de producción?					
10	¿Cree que el ambiente de trabajo es adecuado para desempeñar sus labores?					

Anexo D. Guía de observación

GUÍA DE OBSERVACIÓN

Ítems	Sí	No	A veces	Observación
Control de materias primas/insumos recepcionados				
Disponibilidad de Materia prima/insumos para producción				
Personal realiza los procesos adecuadamente				
Se cumple con los parámetros establecidos para el porcentaje de los insumos				
Cumplimiento de cantidades de producción diarias establecidas				
Requerimiento adecuado de materia prima/insumos				
Uso adecuado de máquinas				

Anexo E. Guía de análisis Documentario

Documento	Sí	No
Diagramas de proceso (DOP, DAP o diagrama de flujo)		x
Registro de Inventarios		x
Registro de ventas	x	
Registro de formulación	x	
Registro de horas extras	x	
Registro de requerimiento de materiales	x	
Registro de costos	x	
Registro de maquinaria	x	
Registro de tiempos	x	

Anexo F. Encuesta de priorización de causas

Encuesta de priorización de causas						
Según su apreciación personal, puntúe las causas que influyen los elevados costos en la empresa Producciones Nacionales TC E.I.R.L.						
Criterio de influencia						
1: nada 2: poco 3: regular 4: alta 5: demasiado alta						
Causas	Influencia					Total
	1	2	3	4	5	
Insuficiente material						
Falta de planeación de pedido de material						
Operaciones deficientes						
Falta de planeación de actividades						
Uso inadecuado de equipos						
Exagerado número de horas extras						
Malas maniobras						

Anexo G. Ficha 1 de opinión de expertos



Universidad Señor de Sipán

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: *Rivasplata Sánchez Absalón*

Grado Académico: *Magister*

Cargo e Institución: *Docente Tiempo completo*

Nombre del instrumento a validar: *Entrevista*

Autor del instrumento: *Veronica Violeta Cieza Vásquez*

Título del Proyecto de Tesis: *Planeación de la producción aplicando programación lineal para la optimización de costos en la empresa Producciones Nacionales T.C. EIRL.*

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente De 0 a 5	Regular De 6 a 10	Bueno De 11 a 15	Muy bueno De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				/
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			/	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				/
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				/
Viabilidad	Es viable su aplicación			/	

Valoración

Puntaje: (De 0 a 20) *18*

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno) *Muy Buena*

Observaciones

.....
.....

Fecha: *07/12/2019*

Firma:

No. Colegiatura

RA
ABSALÓN RIVASPLATA SÁNCHEZ
Mg. INGENIERÍA INDUSTRIAL
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP. N° 163595

Anexo H. Ficha 2 de opinión de expertos



Universidad Señor de Sipán
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: *Quiroz Orrego Carlos Alberto*
 Grado Académico: *Magister*
 Cargo e Institución: *Docente tiempo completo*
 Nombre del instrumento a validar: *Entrevista*
 Autor del instrumento: *Veronica Cieza Vásquez*
 Título del Proyecto de Tesis: *Planificación de la producción aplicando programación lineal para la optimización de costos en la empresa Producciones Nacionales T.C. E.P.R.L.*

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente De 0 a 5	Regular De 6 a 10	Bueno De 11 a 15	Muy bueno De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				✓
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				✓
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			✓	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				✓
Viabilidad	Es viable su aplicación			✓	

Valoración

Puntaje: (De 0 a 20) *17*

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno) *muy Buena*

Observaciones

.....

Fecha: *04/12/2019*

Firma: *Ing. Carlos Quiroz Orrego*
 PRESIDENTE

No. Colegiatura *32013*

Anexo I. Ficha 3 de opinión de expertos

Universidad Señor de Sipán

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: *Arrascaue Becerra Manuel Alberto*
 Grado Académico: *Magister*
 Cargo e Institución: *Director de la Escuela de Ingeniería Industrial*
 Nombre del instrumento a validar: *Entrevista*
 Autor del instrumento: *Veronica Violeta Cieza Vázquez*
 Título del Proyecto de Tesis: *Planeación de la producción aplicando programación lineal para la optimización de costos en la empresa Producciones Nacionales T.C. E.I.R.L.*

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente De 0 a 5	Regular De 6 a 10	Bueno De 11 a 15	Muy bueno De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible			✓	
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			✓	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			✓	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			✓	
Viabilidad	Es viable su aplicación			✓	

Valoración

Puntaje: (De 0 a 20) *14*

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno) *bueno*

Observaciones

.....

Fecha: *10/12/19*
 Firma: *[Firma]*

No. Colegiatura *[Firma]*

MBA. Manuel A. Arrascaue Becerra
 INGENIERO INDUSTRIAL
 CIP. 41882

Anexo J. Ficha 4 de opinión de expertos



Universidad Señor de Sipán

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: Carrascal Sánchez Jenner

Grado Académico: Mg. En Administración

Cargo e Institución: Coordinador del Programa de Administradores Industriales del SENATI – Zonal Lambayeque

Nombre del instrumento a validar: Encuesta

Autor del instrumento: Veronica Violeta Cieza Vasquez

Título del Proyecto de Tesis: "Planeación de la producción aplicando programación lineal para la optimización de costos en la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L."

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente De 0 a 5	Regular De 6 a 10	Bueno De 11 a 15	Muy bueno De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible			15	
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			15	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				16
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			15	
Viabilidad	Es viable su aplicación			15	

Valoración

Puntaje: (De 0 a 20) 15

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno) BUENO

Observaciones

.....

Fecha: 01/07/2020

Firma:

No. Colegiatura 173201

Anexo K. Ficha 5 de opinión de expertos

Universidad Señor de Sipán

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: Jenner Espinoza Román

Grado Académico: *IV. EN ADMINISTRACIÓN DE LA EDUCACIÓN*

Cargo e Institución: *Docente universitario*

Nombre del instrumento a validar: Encuesta

Autor del instrumento: Verónica Violeta Cieza Vásquez

Título del Proyecto de Tesis: "Planeación de la producción aplicando programación lineal para la optimización de costos en la empresa Producciones Nacionales TC. E.I.R.L."

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente De 0 a 5	Regular De 6 a 10	Bueno De 11 a 15	Muy bueno De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				X
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				X
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				X
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				X
Viabilidad	Es viable su aplicación				X

Valoración

Puntaje: (De 0 a 20) *16*

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno) *Muy Bueno*

Observaciones

.....
.....

Fecha: *30/06/2020*
Firma: *Jenner Espinoza Román*
No. Colegiatura: *ING. INDUSTRIAL
REG. C.I.F. 99012*

Anexo L. Ficha 6 de opinión de expertos



Universidad Señor de Sipán
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: Quiroz Orrego Carlos Alberto
 Grado Académico: Ingeniero Químico
 Cargo e Institución: Presidente de la Sociedad Nacional de Industrias-Lambayeque
 Nombre del instrumento a validar: Encuesta
 Autor del instrumento: Veronica Violeta Cieza Vasquez
 Título del Proyecto de Tesis: "Planificación de la Producción aplicando programación lineal para la optimización de Costos en la empresa Producciones Nacionales TCEP.L"

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente De 0 a 5	Regular De 6 a 10	Bueno De 11 a 15	Muy bueno De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				✓
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				✓
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			✓	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			✓	
Viabilidad	Es viable su aplicación				✓

Valoración

Puntaje: (De 0 a 20) 17

Calificación: (De Deficiente a Muy bueno) Muy Bueno

Observaciones

.....

Fecha: 18/06/20
SNT SOCIEDAD NACIONAL DE INDUSTRIAS SEDE REGIONAL LAMBAYEQUE

Firma: Ing. Carlos Quiroz Orrego
PRESIDENTE

No. Colegiatura 32013

**Anexo M. Reporte de sensibilidad por Open Solver-CBC (Modelo Continuo)-
Variables de Decisión**

Nombre	Valor final	Costos reducidos	Valor Objetivo	Aumento permitido	Disminución permitida
enero X1	10924	0	14.37	1E+100	0.04
enero X2	10256	0	15.51	1E+100	0.73
enero X3	12734	0	21.11	1E+100	0.30
enero X4	9988	0	13.12	0.04	1E+100
enero X5	13040	0	15.55	1E+100	0.74
febrero X1	11011	0	13.69	0.04	0.04
febrero X2	10131	0	14.77	0.73	0.73
febrero X3	12767	0	20.11	0.30	0.30
febrero X4	9862	0	12.50	0.04	0.04
febrero X5	13092	0	14.82	0.74	0.74
marzo X1	11267	0	13.01	0.04	0.04
marzo X2	10085	0	14.04	0.73	0.63
marzo X3	12755	0	19.11	0.30	0.53
marzo X4	9612	0	11.87	0.04	0.04
marzo X5	13053	0	14.08	0.74	0.63
abril X1	11314	0	12.33	0.04	0.10
abril X2	10109	0	13.30	0.63	0.63
abril X3	12749	0	18.11	0.53	0.53
abril X4	9571	0	11.25	0.08	0.04
abril X5	13067	0	13.34	0.63	0.63
mayo X1	11240	0	11.65	0.08	0.24
mayo X2	10118	0	12.57	0.63	0.02
mayo X3	12754	0	17.11	0.53	2.09
mayo X4	9640	0	10.63	0.23	0.08
mayo X5	13096	0	12.60	0.02	0.63
junio X1	10953	0	10.97	0.24	0.24
junio X2	10056	0	11.83	0.02	0.02
junio X3	12770	0	16.11	2.09	2.09
junio X4	9918	0	10.01	0.23	0.23
junio X5	13298	0	11.87	0.02	0.02
julio X1	10933	0	10.28	0.24	0.24
julio X2	10073	0	11.10	0.02	0.02
julio X3	12777	0	15.11	2.09	2.09
julio X4	9931	0	9.39	0.23	0.23
julio X5	13304	0	11.13	0.02	0.02
agosto X1	11049	0	9.60	0.24	0.24
agosto X2	10213	0	10.36	0.02	0.02
agosto X3	12756	0	14.11	2.09	2.09
agosto X4	9835	0	8.77	0.23	0.23
agosto X5	13081	0	10.39	0.02	0.02
setiembre X1	11080	0	8.92	0.09	0.24
setiembre X2	10295	0	9.63	0.02	0.44
setiembre X3	12709	0	13.11	2.09	1.00
setiembre X4	9794	0	8.15	0.23	0.07
setiembre X5	13006	0	9.66	0.44	0.02
octubre X1	11068	0	8.24	0.09	0.09
octubre X2	10269	0	8.89	0.44	0.44
octubre X3	12701	0	12.11	1.00	1.00

octubre X4	9779	0	7.52	0.07	0.07
octubre X5	13085	0	8.92	0.44	0.44
noviembre X1	10972	0	7.56	0.09	0.09
noviembre X2	10460	0	8.16	0.44	0.44
noviembre X3	12709	0	11.11	1.00	1.00
noviembre X4	9793	0	6.90	0.07	0.07
noviembre X5	13094	0	8.18	0.44	0.44
diciembre X1	10999	0	6.88	9.23	0.09
diciembre X2	10459	0	7.42	0.44	12.18
diciembre X3	12704	0	10.11	1.00	10.93
diciembre X4	9778	0	6.28	0.07	14.58
diciembre X5	13061	0	7.45	0.44	12.33
enero HE	491	0	9.5	2.18	8.54
febrero HE	483	0	9.5	2.18	2.18
marzo HE	471	0	9.5	2.18	2.18
abril HE	473	0	9.5	4.59	2.18
mayo HE	478	0	9.5	4.59	4.35
junio HE	495	0	9.5	4.59	4.59
julio HE	497	0	9.5	4.59	4.59
agosto HE	488	0	9.5	4.59	4.59
setiembre HE	483	0	9.5	4.59	2.34
octubre HE	485	0	9.5	2.34	2.34
noviembre HE	498	0	9.5	2.34	2.34
diciembre HE	495	0	9.5	2.34	9.50

**Anexo N. Reporte de sensibilidad por Open Solver-CBC (Modelo Continuo)-
Restricciones**

Nombre	Valor Final	Precio sombra	Disponibilidad de recurso	Permisible aumentar	Permisible Reducir
enero X1	10924	0.04	10924	2.47	278.64
enero X2	10256	0.73	10256	0.96	108.80
enero X3	12734	0.30	12734	50.95	0.45
enero X4	9988	0	9698	290.14	1E+100
enero X5	13040	0.74	13040	0.93	105.44
febrero X1	21935	0.04	21935	278.64	177.78
febrero X2	20387	0.73	20387	108.80	69.42
febrero X3	25501	0.30	25501	32.51	50.95
febrero X4	19850	0	19447	402.66	1E+100
febrero X5	26132	0.74	26132	105.44	67.27
marzo X1	33202	0	32934	268.10	1E+100
marzo X2	30472	0.63	30472	104.69	106.40
marzo X3	38256	0.53	38256	41.52	49.02
marzo X4	29461	0	29181	280.26	1E+100
marzo X5	39185	0.63	39185	101.45	103.11
abril X1	44516	0	43958	557.71	1E+100
abril X2	40581	0.63	40581	217.77	43.95
abril X3	51005	0.53	51005	17.15	101.98
abril X4	39032	0	38916	115.78	1E+100
abril X5	52252	0.63	52252	211.05	42.60
mayo X1	55756	0	55005	751.09	1E+100
mayo X2	50699	0.02	50699	43.69	5283.13
mayo X3	63759	2.09	63759	686.71	17.05
mayo X4	48672	0.23	48672	772.55	115.07
mayo X5	65348	0	65306	42.34	1E+100
junio X1	66709	0	66173	535.91	1E+100
junio X2	60755	0.02	60755	140.01	5313.67
junio X3	76529	2.09	76529	489.97	54.64
junio X4	58590	0.23	58590	551.22	368.81
junio X5	78647	0	78511	135.69	1E+100
julio X1	77641	0	77320	321.42	1E+100
julio X2	70828	0.02	70828	269.04	4901.19
julio X3	89306	2.09	89306	293.87	104.99
julio X4	68521	0.23	68521	330.61	708.69
julio X5	91951	0	91690	260.73	1E+100
agosto X1	88690	0	88518	172.24	1E+100
agosto X2	81041	0.02	81041	120.35	4746.47
agosto X3	102062	2.09	102062	157.48	46.96
agosto X4	78356	0.23	78356	177.16	317.01
agosto X5	105032	0	104915	116.63	1E+100
setiembre X1	99770	0	99622	148.10	1E+100
setiembre X2	91336	0.44	91336	222.43	141.10
setiembre X3	114771	1.00	114771	55.06	86.80
setiembre X4	88150	0.07	88150	182.80	585.91
setiembre X5	118038	0.44	118038	215.56	136.74
octubre X1	110839	0	110714	124.59	1E+100
octubre X2	101605	0.44	101605	291.89	222.43
octubre X3	127472	1.00	127472	86.80	154.89

octubre X4	97929	0.07	97929	153.77	1045.49
octubre X5	131123	0.44	131123	282.87	215.56
noviembre X1	121810	0	121783	27.24	1E+100
noviembre X2	112065	0.44	112065	63.81	396.90
noviembre X3	140181	1.00	140181	154.89	148.43
noviembre X4	107722	0.07	107722	33.62	1001.91
noviembre X5	144217	0.44	144217	61.84	384.64
diciembre X1	132809	16.77	132809	18.76	18.65
diciembre X2	122524	12.18	122524	43.95	43.69
diciembre X3	152885	10.93	152885	148.43	5752.94
diciembre X4	117500	14.58	117500	23.16	23.01
diciembre X5	157278	12.33	157278	42.60	42.34
enero HE	490.96	0	844.8	1E+100	353.84
febrero HE	482.66	0	844.8	1E+100	362.14
marzo HE	470.58	0	844.8	1E+100	374.22
abril HE	473.02	0	844.8	1E+100	371.78
mayo HE	477.67	0	844.8	1E+100	367.13
junio HE	495.04	0	844.8	1E+100	349.76
julio HE	497.30	0	844.8	1E+100	347.50
agosto HE	488.15	0	844.8	1E+100	356.65
setiembre HE	483.38	0	844.8	1E+100	361.42
octubre HE	485.14	0	844.8	1E+100	359.66
noviembre HE	497.52	0	844.8	1E+100	347.28
diciembre HE	494.75	0	844.8	1E+100	350.05
enero H-H	4224	-9.5	4224	490.96	353.84
febrero H-H	4224	-9.5	4224	482.66	362.14
marzo H-H	4224	-9.5	4224	470.58	374.22
abril H-H	4224	-9.5	4224	473.02	371.78
mayo H-H	4224	-9.5	4224	477.67	367.13
junio H-H	4224	-9.5	4224	495.04	349.76
julio H-H	4224	-9.5	4224	497.30	347.50
agosto H-H	4224	-9.5	4224	488.15	356.65
setiembre H-H	4224	-9.5	4224	483.38	361.42
octubre H-H	4224	-9.5	4224	485.14	359.66
noviembre H-H	4224	-9.5	4224	497.52	347.28
diciembre H-H	4224	-9.5	4224	494.75	350.05
enero H-M	1503.24	0	2304	1E+100	800.76
febrero H-M	1501.25	0	2304	1E+100	802.75
marzo H-M	1498.42	0	2304	1E+100	805.58
abril H-M	1499.43	0	2304	1E+100	804.57
mayo H-M	1500.68	0	2304	1E+100	803.32
junio H-M	1505.79	0	2304	1E+100	798.21
julio H-M	1506.41	0	2304	1E+100	797.59
agosto H-M	1503.03	0	2304	1E+100	800.97
setiembre H-M	1501.44	0	2304	1E+100	802.56
octubre H-M	1502.34	0	2304	1E+100	801.66
noviembre H-M	1505.73	0	2304	1E+100	798.27
diciembre H-M	1504.85	0	2304	1E+100	799.15
enero Trigo	7900	-8.00	7900	0.11	4.29
febrero Trigo	7900	-10.80	7900	4.26	4.29
marzo Trigo	7900	-13.59	7900	4.26	4.29
abril Trigo	7900	-15.48	7900	4.26	4.29
mayo Trigo	7900	-17.36	7900	4.26	13.77

junio Trigo	7900	-13.02	7900	11.74	13.77
julio Trigo	7900	-8.68	7900	11.74	13.77
agosto Trigo	7900	-4.34	7900	11.74	13.77
setiembre Trigo	7886.23	0	7900	1E+100	13.77
octubre Trigo	7878.30	0	7900	1E+100	21.70
noviembre Trigo	7861.28	0	7900	1E+100	38.72
diciembre Trigo	7862.89	0	7900	1E+100	37.11
enero Avena	12370.28	0	13500	1E+100	1129.72
febrero Avena	12380.58	0	13500	1E+100	1119.42
marzo Avena	12412.00	0	13500	1E+100	1088.00
abril Avena	12431.80	0	13500	1E+100	1068.20
mayo Avena	12427.58	0	13500	1E+100	1072.42
junio Avena	12410.23	0	13500	1E+100	1089.77
julio Avena	12413.62	0	13500	1E+100	1086.38
agosto Avena	12405.13	0	13500	1E+100	1094.88
setiembre Avena	12399.96	0	13500	1E+100	1100.04
octubre Avena	12412.13	0	13500	1E+100	1087.87
noviembre Avena	12445.96	0	13500	1E+100	1054.04
diciembre Avena	12440.67	0	13500	1E+100	1059.33
enero Kiwicha	6659.91	0	6660	1E+100	0.09
febrero Kiwicha	6649.39	0	6660	1E+100	10.61
marzo Kiwicha	6653.23	0	6660	1E+100	6.77
abril Kiwicha	6660.00	-1.09	6660	10.21	6.77
mayo Kiwicha	6660.00	-2.19	6660	10.21	4.29
junio Kiwicha	6660.00	-9.50	6660	4.26	4.29
julio Kiwicha	6660.00	-16.82	6660	4.26	4.29
agosto Kiwicha	6660.00	-24.14	6660	4.26	4.29
setiembre Kiwicha	6660.00	-31.46	6660	4.26	4.29
octubre Kiwicha	6660.00	-34.44	6660	4.26	4.29
noviembre Kiwicha	6660.00	-37.42	6660	4.26	4.29
diciembre Kiwicha	6660.00	-40.40	6660	4.26	4.29
enero Quinoa	12276.36	0	13500	1E+100	1223.64
febrero Quinoa	12231.09	0	13500	1E+100	1268.91
marzo Quinoa	12131.96	0	13500	1E+100	1368.04
abril Quinoa	12128.04	0	13500	1E+100	1371.96
mayo Quinoa	12160.30	0	13500	1E+100	1339.70
junio Quinoa	12287.75	0	13500	1E+100	1212.25
julio Quinoa	12299.09	0	13500	1E+100	1200.91
agosto Quinoa	12237.39	0	13500	1E+100	1262.61
setiembre Quinoa	12212.73	0	13500	1E+100	1287.27
octubre Quinoa	12221.85	0	13500	1E+100	1278.15
noviembre Quinoa	12277.09	0	13500	1E+100	1222.91
diciembre Quinoa	12261.96	0	13500	1E+100	1238.04
enero Soya	3001.07	0	3500	1E+100	498.93
febrero Soya	2992.80	0	3500	1E+100	507.20
marzo Soya	2981.96	0	3500	1E+100	518.04

abril Soya	2986.76	0	3500	1E+100	513.24
mayo Soya	2991.80	0	3500	1E+100	508.20
junio Soya	3011.36	0	3500	1E+100	488.64
julio Soya	3014.19	0	3500	1E+100	485.81
agosto Soya	3001.31	0	3500	1E+100	498.69
setiembre Soya	3001.31	0	3500	1E+100	498.69
octubre Soya	3008.69	0	3500	1E+100	491.31
noviembre Soya	3033.19	0	3500	1E+100	466.81
diciembre Soya	3028.64	0	3500	1E+100	471.36
enero Enriq.	5964.24	0	6500	1E+100	535.76
febrero Enriq.	5975.16	0	6500	1E+100	524.84
marzo Enriq.	5987.48	0	6500	1E+100	512.52
abril Enriq.	5992.90	0	6500	1E+100	507.10
mayo Enriq.	5990.99	0	6500	1E+100	509.01
junio Enriq.	5982.75	0	6500	1E+100	517.25
julio Enriq.	5984.48	0	6500	1E+100	515.52
agosto Enriq.	5980.73	0	6500	1E+100	519.27
setiembre Enriq.	5971.38	0	6500	1E+100	528.62
octubre Enriq.	5973.10	0	6500	1E+100	526.90
noviembre Enriq.	5981.53	0	6500	1E+100	518.47
diciembre Enriq.	5979.77	0	6500	1E+100	520.23
enero Sacos	1423.55	0	2000	1E+100	576.45
febrero Sacos	1421.56	0	2000	1E+100	578.44
marzo Sacos	1419.29	0	2000	1E+100	580.71
abril Sacos	1420.23	0	2000	1E+100	579.77
mayo Sacos	1421.22	0	2000	1E+100	578.78
junio Sacos	1424.88	0	2000	1E+100	575.12
julio Sacos	1425.44	0	2000	1E+100	574.56
agosto Sacos	1423.34	0	2000	1E+100	576.66
setiembre Sacos	1422.11	0	2000	1E+100	577.89
octubre Sacos	1422.56	0	2000	1E+100	577.44
noviembre Sacos	1425.69	0	2000	1E+100	574.31
diciembre Sacos	1425.02	0	2000	1E+100	574.98
enero Hilo	14.24	0	30	1E+100	15.76
febrero Hilo	14.22	0	30	1E+100	15.78
marzo Hilo	14.19	0	30	1E+100	15.81
abril Hilo	14.20	0	30	1E+100	15.80
mayo Hilo	14.21	0	30	1E+100	15.79
junio Hilo	14.25	0	30	1E+100	15.75
julio Hilo	14.25	0	30	1E+100	15.75
agosto Hilo	14.23	0	30	1E+100	15.77
setiembre Hilo	14.22	0	30	1E+100	15.78
octubre Hilo	14.23	0	30	1E+100	15.77
noviembre Hilo	14.26	0	30	1E+100	15.74
diciembre Hilo	14.25	0	30	1E+100	15.75
enero Cebada	5022.64	0	5500	1E+100	477.36
febrero Cebada	4981.21	0	5500	1E+100	518.79
marzo Cebada	4899.87	0	5500	1E+100	600.13
abril Cebada	4890.86	0	5500	1E+100	609.14
mayo Cebada	4915.13	0	5500	1E+100	584.87
junio Cebada	5013.23	0	5500	1E+100	486.77

julio Cebada	5018.90	0	5500	1E+100	481.10
agosto Cebada	4978.24	0	5500	1E+100	521.76
setiembre Cebada	4964.58	0	5500	1E+100	535.42
octubre Cebada	4966.15	0	5500	1E+100	533.85
noviembre Cebada	4985.18	0	5500	1E+100	514.82
diciembre Cebada	4977.34	0	5500	1E+100	522.66
enero Cañihua	3497.50	0	4000	1E+100	502.50
febrero Cañihua	3505.19	0	4000	1E+100	494.81
marzo Cañihua	3559.24	0	4000	1E+100	440.76
abril Cañihua	3572.21	0	4000	1E+100	427.79
mayo Cañihua	3556.35	0	4000	1E+100	443.65
junio Cañihua	3484.57	0	4000	1E+100	515.43
julio Cañihua	3481.59	0	4000	1E+100	518.41
agosto Cañihua	3521.83	0	4000	1E+100	478.17
setiembre Cañihua	3536.93	0	4000	1E+100	463.07
octubre Cañihua	3531.79	0	4000	1E+100	468.21
noviembre Cañihua	3528.29	0	4000	1E+100	471.71
diciembre Cañihua	3534.39	0	4000	1E+100	465.61
enero X1	10924	0	153600	1E+100	142676
enero X2	10256	0	153600	1E+100	143344
enero X3	12734	0	153600	1E+100	140866
enero X4	9988.14	0	153600	1E+100	143611.86
enero X5	13040	0	153600	1E+100	140560
febrero X1	11011	0	153600	1E+100	142589
febrero X2	10131	0	153600	1E+100	143469
febrero X3	12767	0	153600	1E+100	140833
febrero X4	9861.525	0	153600	1E+100	143738.48
febrero X5	13092	0	153600	1E+100	140508
marzo X1	11267.105	0	153600	1E+100	142332.90
marzo X2	10085	0	153600	1E+100	143515
marzo X3	12755	0	153600	1E+100	140845
marzo X4	9611.6029	0	153600	1E+100	143988.40
marzo X5	13053	0	153600	1E+100	140547
abril X1	11313.609	0	153600	1E+100	142286.39
abril X2	10109	0	153600	1E+100	143491
abril X3	12749	0	153600	1E+100	140851
abril X4	9570.5199	0	153600	1E+100	144029.48
abril X5	13067	0	153600	1E+100	140533
mayo X1	11240.38	0	153600	1E+100	142359.62
mayo X2	10118	0	153600	1E+100	143482
mayo X3	12754	0	153600	1E+100	140846
mayo X4	9640.2165	0	153600	1E+100	143959.78
mayo X5	13096.336	0	153600	1E+100	140503.66
junio X1	10952.812	0	153600	1E+100	142647.19
junio X2	10056	0	153600	1E+100	143544
junio X3	12770	0	153600	1E+100	140830
junio X4	9918	0	153600	1E+100	143682
junio X5	13298.351	0	153600	1E+100	140301.65

julio X1	10932.517	0	153600	1E+100	142667.48
julio X2	10073	0	153600	1E+100	143527
julio X3	12777	0	153600	1E+100	140823
julio X4	9931	0	153600	1E+100	143669
julio X5	13304.042	0	153600	1E+100	140295.96
agosto X1	11048.819	0	153600	1E+100	142551.18
agosto X2	10213	0	153600	1E+100	143387
agosto X3	12756	0	153600	1E+100	140844
agosto X4	9835	0	153600	1E+100	143765
agosto X5	13080.899	0	153600	1E+100	140519.10
setiembre X1	11079.861	0	153600	1E+100	142520.14
setiembre X2	10295	0	153600	1E+100	143305
setiembre X3	12709	0	153600	1E+100	140891
setiembre X4	9794	0	153600	1E+100	143806
setiembre X5	13006.372	0	153600	1E+100	140593.63
octubre X1	11068.481	0	153600	1E+100	142531.52
octubre X2	10269	0	153600	1E+100	143331
octubre X3	12701	0	153600	1E+100	140899
octubre X4	9779	0	153600	1E+100	143821
octubre X5	13085	0	153600	1E+100	140515
noviembre X1	10971.65	0	153600	1E+100	142628.35
noviembre X2	10460	0	153600	1E+100	143140
noviembre X3	12709	0	153600	1E+100	140891
noviembre X4	9793	0	153600	1E+100	143807
noviembre X5	13094	0	153600	1E+100	140506
diciembre X1	10998.764	0	153600	1E+100	142601.24
diciembre X2	10459	0	153600	1E+100	143141
diciembre X3	12704	0	153600	1E+100	140896
diciembre X4	9778	0	153600	1E+100	143822
diciembre X5	13061	0	153600	1E+100	140539
enero Bolsas	56942.136	0	65000	1E+100	8057.86
febrero Bolsas	56862.525	0	65000	1E+100	8137.48
marzo Bolsas	56771.708	0	65000	1E+100	8228.29
abril Bolsas	56809.129	0	65000	1E+100	8190.87
mayo Bolsas	56848.932	0	65000	1E+100	8151.07
junio Bolsas	56995.163	0	65000	1E+100	8004.84
julio Bolsas	57017.56	0	65000	1E+100	7982.44
agosto Bolsas	56933.718	0	65000	1E+100	8066.28
setiembre Bolsas	56884.233	0	65000	1E+100	8115.77
octubre Bolsas	56902.481	0	65000	1E+100	8097.52
noviembre Bolsas	57027.65	0	65000	1E+100	7972.35
diciembre Bolsas	57000.764	0	65000	1E+100	7999.24

Anexo O. Determinación de costos de inventario para cada producto

Costos de inventario

Capital	Costo de capital invertido (mantener inventario y equipo)	9.40%
Espacio de almacenaje	Costos de control y mantenimiento de temperatura (refrigeración, calefacción, alumbrado)	0.55%
	Limpieza	0.05%
	Depreciación de maquinaria	0.21%
	Impuesto predial (sobre propiedad de almacén)	0.10%
Servicio de inventario	Prestación de servicio de personal encargado de almacén	0.22%
	Seguro de inventario e instalaciones	0.45%
Costo de mantener inventario en porcentaje por cada unidad al año		10.98%

Producto	Costo unitario	Costo anual de mantener inventario en porcentaje	Costo de inventario unitario
Producto 1	S/ 6.20	10.98%	S/ 0.68
Producto 2	S/ 6.69		S/ 0.73
Producto 3	S/ 9.11		S/ 1.00
Producto 4	S/ 5.66		S/ 0.62
Producto 5	S/ 6.71		S/ 0.74

*El valor porcentual fue adaptado de Caldentey y Pizarro (2013). Administración de inventarios

Anexo P. Determinación de costos de inventario para cada producto

Procesos	Producto	P1		P2		P3		P4		P5	
	Tiempo	min	horas								
Pesado		2.00	0.03	3.00	0.05	3.00	0.05	3.00	0.05	3.00	0.05
Despedrado		1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02
Lavado			0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00
Secado			0.00	6.00	0.10	6.00	0.10	6.00	0.10	6.00	0.10
Escarificado		0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00
Tostado			0.00		0.00		0.00		0.00	0.30	0.01
Enfriado			0.00		0.00		0.00		0.00	10.00	0.17
Laminado		0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
Molienda		0.14	0.00	0.14	0.00		0.00	0.14	0.00	0.14	0.00
Mezclado		0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00
Envasado		1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02
Sellado		0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00
Embalaje		0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
Almacenado		1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02
		min	h								
Horas Hombre	H-H	4.160	0.069	5.160	0.086	5.160	0.086	5.160	0.086	5.160	0.086
Horas Máquina	H-M	1.490	0.025	1.560	0.026	1.420	0.024	1.560	0.026	1.860	0.031
Total		5.65	0.09	6.72	0.11	6.58	0.11	6.72	0.11	7.02	0.12

Actividad		P1		P2		P3		P4		P5	
		min	h	min	h	min	h	min	h	min	h
Operaciones	○	4.50	0.08	11.57	0.19	11.43	0.19	11.57	0.19	21.87	0.36
Combinada	◻	0.15	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00
Almacen	▽	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02
DOP		4.65	0.08	11.72	0.20	11.58	0.19	11.72	0.20	22.02	0.37
DAP		5.65	0.09	12.72	0.21	12.58	0.21	12.72	0.21	23.02	0.38

Anexo Q. Diagrama de flujo propuesto para el proceso

