

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE
PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA PARA
INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE UN
MOLINO DE ALIMENTO BALANCEADO,
TRUJILLO 2022”**

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Kristian Michell Goicochea Salazar
Walter Junior Ivan Cotrina Diaz

Asesor:

Mg. Ing. Miguel Angel Rodriguez Alza
<https://orcid.org/0000-0002-1939-5343>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	Julio César Cubas Rodríguez	17864776
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Mario Alberto Alfaro Cabello	07752467
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Luis Alfredo Mantilla Rodríguez	18066188
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

A Dios por darme fuerzas para superar los obstáculos y dificultades, además de permitirme estar presente y poder cumplir con esta meta.

A mi madre Jacqueline Salazar, por ser ese apoyo incondicional y ser ese angelito que me bendice y guía mi camino en todo momento, a mí Padre que fue mi apoyo y pilar fundamental para llegar a esta etapa. A mi hermana Araceli que es la razón por lo que me siento orgulloso de culminar esta meta y a toda mi familia por confiar en mí, gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.

A mi compañero de tesis y amigo Walter Cotrina, por su apoyo y motivación constante.

Kristian Goicochea Salazar

El presente trabajo está dedicado a Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de lograr mis metas profesionales y personales.

A mi padre Walter, por siempre apoyarme en vida y ahora desde el cielo bendice mi camino y mi madre Marina, quien es un pilar fundamental en cada paso que doy, a mi hermano Branco, quien se siente muy orgulloso de acompañarme en cada logro profesional y también a mi familia por su motivación constante para seguir adelante a pesar de las dificultades.

A mi compañero de tesis y amigo Kristian Goicochea, por apoyarme en todo momento y brindarme la motivación para realizar este paso.

Walter Junior Iván Cotrina Díaz

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Privada del Norte, que nos permitió alcanzar un importante logro personal y profesional.

A todos y cada uno de los docentes por su paciencia impartida en cada una de las sesiones.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema	35
1.3. Objetivos	36
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	39
CAPÍTULO III. RESULTADOS	91
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	95
REFERENCIAS	98
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Productores de alimento balanceado.....	11
Tabla 2. Operacionalización de variables	38
Tabla 3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	39
Tabla 4. Instrumentos y métodos de procesamiento de datos	41
Tabla 5. Priorización por impacto económico	49
Tabla 6. Matriz de indicadores	50
Tabla 7. Costo y valor nutricional del alimento inicial para aves actual.....	52
Tabla 8. Costo y valor nutricional del alimento Crecimiento para aves actual	53
Tabla 9. Costo y valor nutricional del alimento Desarrollo para aves actual.....	54
Tabla 10. Costo y valor nutricional del alimento Pre Postura para aves actual	55
Tabla 11. Costo y valor nutricional del alimento Postura para aves actual.....	56
Tabla 12. Costo y valor nutricional del alimento Final para aves actual	57
Tabla 13. Operarios por actividad	58
Tabla 14. Costo actual de los diferentes tipos de alimento balanceado	62
Tabla 15. Costo actual de los diferentes tipos de alimento balanceado	62
Tabla 16. Costo de insumos en el año	63
Tabla 17. Compras reactivas	63
Tabla 18. Matriz de desplazamientos, frecuencias y distancias actual.....	64
Tabla 19. Resumen de costos actuales vs optimizados	77
Tabla 20. Cálculo del índice de producción.....	78
Tabla 21. Balance de línea propuesta	78
Tabla 22. Costo de la hora-hombre con la propuesta.....	78
Tabla 23. Costo de generar una orden de abastecimiento.....	79
Tabla 24. Costo de mantenimiento del inventario	79
Tabla 25. Punto de pedido y EOQ	81
Tabla 26. Matriz de desplazamientos, frecuencias y distancias propuesta.....	85
Tabla 27. Cotización de máquina llenadora, pesadora y cosedora de sacos	87
Tabla 28. Cotización de alimentador	88
Tabla 29. Cotización de ink jet.....	89
Tabla 30. Flujo de caja	90
Tabla 31. Estado de resultados	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales especies en Perú.....	12
Figura 2. Diagrama de Pareto	18
Figura 3. Selección de causas más relevantes.....	20
Figura 4. Inicio del diagrama Causa – Efecto de Ishikawa	21
Figura 5. Causas secundarias diagrama Causa – Efecto de Ishikawa.....	21
Figura 6. Ejemplo de elaboración Diagrama Causa - Efecto.....	22
Figura 7. Tipos de cambio de comportamiento en razón de la capacidad	29
Figura 8. Procedimiento de investigación	42
Figura 9. Organigrama.....	43
Figura 10. Layout actual.....	44
Figura 11. Mapa de procesos	46
Figura 12. Cadena de valor.....	46
Figura 13. Diagrama de actividades actual.....	47
Figura 14. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa.....	48
Figura 15. Pareto de causas raíz de la problemática	49
Figura 16. Capacidad de entrega de granos molidos a la mezcladora	58
Figura 17. Gorgojo	59
Figura 18. Layout actual del molino.....	61
Figura 19. Minimización del costo de la fórmula del alimento inicial con Solver	65
Figura 20. Fórmula de alimento inicial con costo óptimo	66
Figura 21. Minimización del costo de la fórmula del alimento Crecimiento con Solver.....	67
Figura 22. Fórmula del alimento Crecimiento con costo óptimo	68
Figura 23. Minimización del costo de la fórmula del alimento Desarrollo con Solver	69
Figura 24. Fórmula de alimento Desarrollo con costo óptimo	70
Figura 25. Minimización del costo de la fórmula del alimento Pre Postura con Solver	71
Figura 26. Fórmula de alimento Pre Postura con costo óptimo	72
Figura 27. Minimización del costo de la fórmula del alimento Postura con Solver	73
Figura 28. Fórmula de alimento Postura con costo óptimo	74
Figura 29. Minimización del costo de la fórmula del alimento Final con Solver	75
Figura 30. Fórmula de alimento Final con costo óptimo	76
Figura 31. Matriz triangular de Muther	82
Figura 32. Matriz de panal de abeja.....	83
Figura 33. Layout propuesto.....	84
Figura 34. Máquina llenadora, pesadora y cosedora de sacos	86
Figura 35. Alimentador	87
Figura 36. Ink jet	88
Figura 37. Laptop	89
Figura 38. Costo de insumos por saco.....	91
Figura 39. Costo anual de mano de obra	91

Figura 40. Costo anual de compras reactivas	92
Figura 41. Costo anual de Horas-Hombre empleadas en desplazamientos	92
Figura 42. Costo anual de granos descartables por estar infestados	93
Figura 43. Rentabilidad actual vs propuesta.....	93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Costos actuales.....	101
Anexo 2. Costos con la propuesta.....	102

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general, determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción y logística, en la rentabilidad de un molino de alimento balanceado en la ciudad de Trujillo mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial, para atender el deficiente balance nutricional, deficiente balance de línea, deficiente planeamiento de abastecimiento y deficiente layout del molino.

La investigación es del tipo cuantitativo y diseño diagnóstico propositivo. Planteado el problema, objetivos, hipótesis y variables, se hizo uso de balance de masa, balance nutricional, solver, balance de línea, mejora de métodos, punto de pedido, EOQ y método Muther de distribución, dichas propuestas de mejora se aplicaron a cada una de las causas raíz que presentaba la empresa mediante el diagrama Ishikawa, enfocándose en las que tienen mayor impacto en los costos operativos de la empresa con un total de cuatro.

Las propuestas de mejora se basaron en la implementación de herramientas de ingeniería industrial, implementando dichas mejoras, se incrementará la rentabilidad en un molino de alimento balanceado, en la ciudad de Trujillo en un 42.52%, es decir en S/219,361.

El costo total de las pérdidas antes de aplicar las herramientas de mejora fue de S/5,809,690 y después de aplicar estas fue de S/5,573.822. El VAN fue S/41,801. El TIR, 81.87%; El Beneficio-Costo 1.87 y el Periodo de Retorno de Inversión (PRI), 6 meses. Estos indicadores demuestran la conveniencia de la propuesta.

Palabras clave: producción, logística, rentabilidad, alimento balanceado, balance de masa.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Según la encuesta global sobre alimento balanceado 2020 de alltech, empresa global líder en biotecnología, los nueve principales países productores de alimento balanceado son Estados Unidos, China, Brasil, Rusia, India, México, España, Japón y Alemania. Juntos, estos países producen el 58% de la producción mundial de alimento balanceado y cuentan con el 57% de las plantas de fabricación de alimento balanceado del mundo, para pollos de engorde 28%, cerdos 24%, ponedoras 14%, ganado lechero 12%, ganado de carne 10%, otras especies 6%, acuicultura 4% y mascotas 2% (BMeditores, 2020)

Tabla 1.
Productores de alimento balanceado

Los diez principales países productores de alimento balanceado de 2021	Producción total de alimento balanceado en 2020 (MTM)	Producción total de alimento balanceado en 2021 (MTM)	Variación 2021 frente a 2020	Variación (%)
China	239.980	261.424	21.444	8.9%
Estados Unidos	226.753	231.538	4.785	2.1%
Brasil	78.413	80.094	1.681	2.1%
India	39.256	44.059	4.803	12.2%
México	37.925	38.857	0.932	2.5%
España	34.841	35.580	0.739	2.1%
Rusia	32.531	33.000	0.469	1.4%
Turquía*	26.300	25.300	(1.000)	-3.8%
Japón	24.821	24.797	(0.024)	-0.1%
Alemania	24.930	24.506	(0.424)	-1.7%
Suma total	765.75	799.16	33.405	4.4%

*Turquía subió posición, ingresando a la lista de los diez principales países productores de alimento balanceado. Con ello, Argentina salió del grupo.

Fuente. Alltech (2020)

La pandemia del Covid-19 afectó severamente a la industria, en específico a la cadena de suministros de los agronegocios, acelerando la adopción de nuevas tecnologías y prácticas de sostenibilidad ambiental.

Es así como, según datos de la misma empresa en mención, provenientes de 140 países y de más de 28000 plantas de elaboración de alimentos para animales, se estima que el tonelaje mundial de alimento balanceado aumentó 2.3%, con 1235 millones de toneladas métricas el año 2021. (SoloAvesyPorcinos, 2022)

En el Perú la producción de alimentos balanceados ha iniciado su mayor desarrollo durante la década de 1960, como consecuencia del crecimiento de la actividad pesquera y de la industria de la harina de pescado. Es también cuando el sector avícola

nacional inicio su crecimiento, al utilizar esta harina como fuente de proteína (Midagri, 2020)

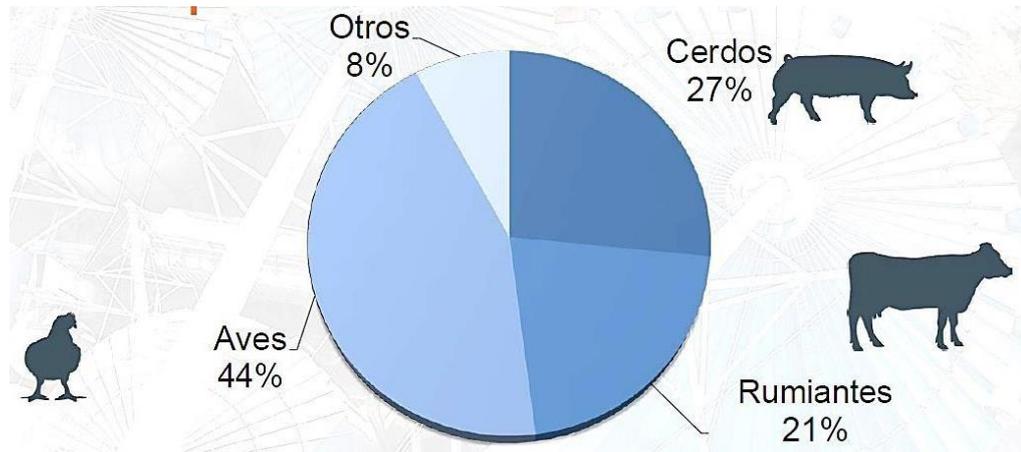


Figura 1. Principales especies en Perú

A fines de los años cincuenta e inicios de los sesenta, se establecieron en Lima las primeras plantas para la producción de alimentos balanceados, Nicolini, fabricante de la reconocida Nicovita; Purina; Compañía Molinera Santa Rosa, productor del también conocido, Vitaovo, etc., para cubrir la demanda de las granjas de la capital (Red midia, 2021)

El molino de alimento balanceado para aves, en sus diferentes estadios de vida, está ubicada en la provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. Sus clientes son empresas avícolas, medianas o pequeñas. Generalmente, las avícolas grandes tienen sus propias plantas de producción.

El molino opera 8 horas diario de lunes a viernes. Los días sábados están destinados a limpieza profunda de la planta y de la maquinaria, para prevenir la aparición de gorgojos, que causan grandes pérdidas a los molinos. Las hembras de esta especie, llegan a colocar de 300 a 400 huevos, poniendo un huevo en el interior del grano, donde se alimentan y desarrollan. Su ciclo vital dura 5 semanas en verano y llegan a vivir hasta 8 meses.

De ahí proviene la importancia de cuidar la antigüedad del inventario.

Un manejo deficiente en la rotación del inventario, que no consideró el FIFO, causó la aparición de estos insectos, obligando a descartar 1,600 kilos de maíz en grano, infestados, antes que la infestación se extienda a toda la planta. (florecido.com), afectando a la empresa con S/2,048 y poniéndola en alerta, a futuros incidentes similares.

Este relajamiento en la gestión logística, también llevó al molino a incurrir en compras reactivas, particularmente de suplementos nutricionales, que tienen un largo lead time, que no fue observado oportunamente. El sobrecosto en el que se incurrió, por este concepto, fue S/4,333.

Los alimentos balanceados en general, son producidos dentro de límites nutricionales, prescritos por expertos reconocidos, en cumplimiento de requisitos legales y de otros, reconocidos como convenientes. Es así, que se han desarrollado técnicas adecuadas para el análisis y control rápidos, que reemplazan a métodos subjetivos y empíricos, por otros más objetivos, para evaluar las características organolépticas.

En la práctica los métodos usados pueden variar, de acuerdo al alimento que se examina. Ninguno representa un componente preciso o grupo de componentes del alimento original, pero si el mismo procedimiento estándar se aplica en cada ocasión al mismo alimento, los resultados proporcionan una adecuada base de interpretación (Red midia, 2021)

En el molino donde se realizó la presente tesis, utilizan las mismas formulaciones, empleadas en el gremio, desde sus inicios. No han investigado alternativas, que permitan reducir sus costos, sin afectar el valor nutricional ni aceptabilidad de las aves, en las diferentes etapas de su vida.

Las grandes plantas de concentrados, aplican métodos complejos, con programas sofisticados, donde ingresan una gran cantidad de datos, obteniendo las recomendaciones para hacer la mezcla. El método más al alcance de empresas medianas o pequeñas, es la programación lineal, utilizado en la formulación científica de alimentos balanceados (Contexto ganadero, 2021)

El año de estudio se invirtieron S/5'699,736, en insumos, entendiéndose que, con mejores formulaciones, se podría conseguir alrededor de 3% de ahorro.

La planta, está equipada con un molino, de 1200 kilos/hora de capacidad, que trabaja hasta dos turnos diarios, según la necesidad. Adicionalmente cuenta con dos molinos pequeños, para emergencias.

En esta máquina se muele el maíz - ingrediente mayoritario, 54% de las fórmulas – y se deposita en tres silos silos, desde donde, con una cadena *Redler*, se transporta a la mezcladora, para preparar el balanceado.

También se muele el sorgo, que luego es embolsado, hasta el momento de su uso.

El resto de macro y micronutrientes, es pesado y embolsado, hasta el momento de volcarlos dentro de la mezcladora.

La mezcladora tiene un ducto de salida, donde se conecta la bolsa de polipropileno, hasta llenarla, pasándose seguidamente a pesarla manualmente, y coserla con una cosedora manual *Fishbein*, que también adhiere el ticket con fecha de producción.

El manipuleo es intenso y la productividad, baja. Menos de 12 bolsas de 50 kilos por hora-hombre. Se pagó S/102,994 en remuneraciones y se observa que el personal está sub empleado.

Las diferentes áreas de almacenamiento, de granos, harinas y suplementos, han sido ubicadas de manera empírica. No se tuvo en consideración la pérdida de tiempo en desplazamientos improductivos,

En estas condiciones, el personal, actualmente realiza actualmente un recorrido acumulado durante el día, de 736 metros. Estimando que la velocidad de la caminata dentro de la planta es 1.5 Km/hora, se empleó 147 horas, que al costo de la hora promedio de S/6.72, significó un importe de S/660.

1.1.1. Antecedentes

Antecedentes internacionales

Saldaña (2017) en su tesis “Formulación de una dieta de mínimo costo por medio de sustitución de ingredientes tradicionales en aves ponedoras Hy-line Brown, Unidad Avícola, Zamorano”, producida por la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, expresa que, bajar los costos de alimentación en aves ponedoras brinda una mayor competitividad al productor debido a que la alimentación representa el 80% de los costos de producción. El objetivo del estudio fue determinar una dieta no tradicional económicamente óptima para aves ponedoras Hy-line Brown mediante el uso de ingredientes sustitutos (locales) que cumplan con los requerimientos nutricionales. Debido a la necesidad de optimizar el uso de ingredientes de la dieta, se creó un modelo de programación lineal utilizando el programa Solver. Solver encuentra la combinación de ingredientes que minimizan el costo de la dieta utilizando insumos no tradicionales, generando un ahorro económico considerable con respecto a costos de la dieta tradicional. El costo de la dieta no tradicional obtenida es 5.2% más baja que la tradicional. El punto de equilibrio de la dieta no tradicional que hace ésta igual de rentable a la

dieta tradicional es de 931,969 huevos, indicando que se puede reducir el promedio de postura de huevos de un galpón de 2,640 aves en 18,031 huevos/ciclo. Adicionalmente, se creó una plantilla fácil y amigable para la formulación de dietas para la Unidad Avícola Zamorano la cual se puede destinar a la producción y a la enseñanza. Finalmente, se creó una plantilla en Excel que utiliza la estructura de un presupuesto parcial que insta a la Unidad Avícola Zamorano a probar la dieta no tradicional en un galpón de producción para comprobar si el cambio es rentable. Según Yuqui (2017), en su investigación “Estudio de procesos, tiempos y movimientos para mejorar la productividad en la planta de ensamble del modelo Golden en Carrocerías Megabuss”, producida por la Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, propuso elaborar un estudio de procesos, tiempos y movimientos debido a que no podía normalizar y organizar la producción del proceso productivo. El uso 18 excesivo de recursos, estaba influyendo en su productividad de manera inapropiada. Luego de analizar el proceso de producción, elaborar el diagrama de operaciones correspondiente, realizó las observaciones requeridas, para luego realizar los cálculos pertinentes y obtener el tiempo estándar de cada actividad. Finalmente, se concluyó que se estaban realizando actividades improductivas que consumían tiempo, retrasando la producción y afectando la productividad. El estudio de tiempo permitió establecer en 15 hrs 39 min y 40 seg, el tiempo necesario para el ensamble y no el promedio de aproximadamente 23 hrs que se manejaba.

Antecedentes nacionales

Livaque y Peña (2020) en su tesis “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa de alimentos balanceados KIME E.I.R.L.- Chiclayo 2019”, producida en la Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, propuso aplicar el estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el área de producción. Para desarrollar la investigación, se aplicaron las herramientas del estudio de métodos, con lo que se buscó mejorar la información base y establecer un proceso de producción estándar. Con los resultados del estudio de tiempos y se evidenció que los tiempos de referencia que la empresa utilizaba no eran adecuados. El estudio de tiempos considera que una tonelada de alimento balanceado no requiere de 230 minutos, sino solo 176

minutos, lo cual reflejaba un incremento de 23,48%. El estudio de tiempos entonces establece que cada saco se debe de obtener en 8,80 minutos y no en 11,5 minutos que la empresa indicaba. Los resultados que se obtendrían con la implementación de los tiempos estándar obtenidos mejorarían la productividad en un 55,87%.

Arévalo y Ramírez (2018) en su tesis “Mejora de la disposición del área de envasado de la empresa Messer Gases del Perú Sede Callao”, producida por la Universidad de Lima, Lima, Perú, se centra en la necesidad de redistribuir la planta Messer Gases del Perú S.A. sede Callao porque actualmente evidencia espacios reducidos para el traslado normal y seguro de los envases e impedimento para la existencia de amplias zonas de evacuación. Esto ha sido consecuencia del incremento en el número de tanques de almacenamiento y de operaciones de recarga de estos. Se determina que, acorde a la evaluación presupuestada que asciende a unos S/. 902,625 debiera ser considerada en el Capex. Con la mejora de la disposición de planta, el espacio para el envasado de productos industriales incrementa en un 24.5%, la zona medicinal en casi un 4%, y el área de prueba hidrostática en un 31%.

Antecedentes locales

Del Aguila (2018) en su tesis “Optimización de la mezcla de dietas para la elaboración de alimento balanceados con requisitos predeterminados en aves de engorde”, producida por la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, menciona que, el desarrollo de las técnicas de investigación de operaciones, con todas sus herramientas, permite optimizar los procesos productivos para el mejor aprovechamiento de los recursos, y permitir que los productos sean de un relativo bajo costo de adquisición. En ese sentido, la aplicación de herramientas matemáticas y utilización de software especializado permite obtener fácilmente soluciones óptimas para la toma de decisiones en la formulación y manufactura de alimentos nutricionalmente fortalecidos. Asimismo, menciona que la Programación Lineal constituye, una de las herramientas más poderosas utilizadas para la formulación de alimentos, concentrados o piensos, para aplicaciones pecuarias, y sobre todo humanas, ya que considera todos los requerimientos nutricionales que se quieren cubrir con el alimento que se está diseñando, además de tomar en cuenta los costos de cada ingrediente como el sorgo (maicillo), maíz, etc. También toma en cuenta la disponibilidad de cada uno

de ellos. Por último, el modelo de programación lineal determinó la mejor dieta y la mayor utilidad, con menores costos operativos.

González y Reyes (2017) en su tesis “Propuesta de mejora en las áreas de producción y logística para incrementar la rentabilidad en el molino de la empresa Avikonor S.A.C.”, producida por la Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, mencionan que, la problemática de las áreas de producción y logística impactaba negativamente en la rentabilidad en el molino de la empresa AVIKONOR SAC., por ello se proponen herramientas, como la Planeación de Requerimientos de Distribución, Plan Maestro de Producción, Procedimiento de Trabajo, KPI’s de desempeño, Planificación de Requerimientos de Materiales, Gestión de Relaciones con Proveedores, Gestión de Relaciones con Clientes, Kardex y KPI’s logísticos. Los resultados que se lograron de acuerdo a la evaluación económica financiera son de un VAN de S/. 141,256.00, una TIR de 75% y un Beneficio / Costo de 2.12.

1.1.2. Bases Teóricas

Metodología de Pareto

Richard (2008) en su libro “*Real-World Project Management: Beyond Conventional Wisdom, Best Practices, and Project Methodologies*”, menciona que la metodología de Pareto está basada en un método gráfico que ayuda a definir las causas más importantes de una situación en particular y por tanto las prioridades de acción a seguir. El diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas, el diagrama de Pareto se puede elaborar de la siguiente manera:

1. Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.
2. Reordenar los elementos de mayor a menor.
3. Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.
4. Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).

5. Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
6. Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).
7. Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
8. Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
9. Analizar el diagrama localizando el "Punto de inflexión" en este último gráfico.

Por ejemplo, 80% del valor del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos en el inventario; en 20% de los trabajos ocurren 80% de los accidentes, o 20% de los trabajos representan cerca de 80% de los costos de compensación para trabajadores, su interpretación se lleva de la siguiente manera: "existen (número de categorías) contribuyentes relacionados con (efecto). Pero estos (número de pocos vitales) corresponden al (número) % del total (efecto). Debemos procurar estas (número) categorías pocos vitales, ya que representan la mayor ganancia potencial para nuestros esfuerzos. La figura 6, representa un Diagrama de Pareto en el que se observa que el 20 % de la línea de productos ofrecidos son los que generan la facturación del 80% de las ventas.

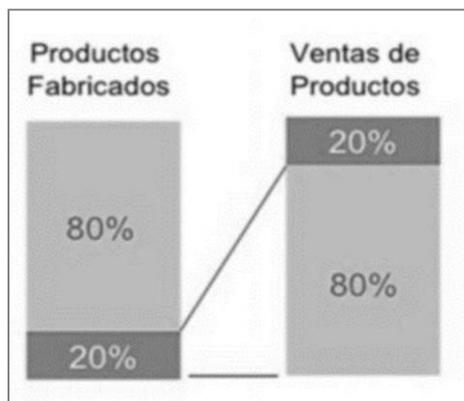


Figura 2. Diagrama de Pareto

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

El análisis de Pareto es de aplicación a aquellos estudios o situaciones en que es necesario priorizar la información proporcionada por un conjunto de datos o elementos. Básicamente es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.

El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías:

1. Las “Pocas Vitales”: Elementos muy importantes en su contribución.
2. Los Muchos Triviales: Elementos de contribución poco importante.

- Características de la Metodología de Pareto

Entre las características de la Metodología de Pareto podemos mencionar:

1. Priorización: Identifica los procesos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.
2. Unificación de Criterios: Enfoca o dirige el esfuerzo del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.
3. Carácter Objetivo: Su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

Construcción del Diagrama de Pareto

Para la construcción del Diagrama de Pareto son necesarios los siguientes elementos:

1. Un efecto cuantificado y medible: Sobre el que se quiere priorizar (Costos, tiempo, número de errores o defectos, porcentaje de clientes, etc.)
2. Una lista completa de elementos o factores que contribuyan a dicho efecto (tipos de fallos o errores, pasos de un proceso, tipos de problemas productivos, servicios, etc.)
3. La Magnitud de la contribución de cada elemento factor al efecto total. Todos estos datos bien existan o bien haya que recolectarlos deberán ser:
 - Objetivos: Es decir basados en hechos, no en opiniones
 - Consistentes: Debe utilizarse la misma medida para todos los elementos contribuyente y los mismos supuestos y cálculos a lo largo del estudio, ya que el análisis de Pareto es un análisis de comparación.
 - Representativos: Deben reflejar toda la variedad de hechos que se producen en la realidad.
 - Verosímiles: Evitar cálculos o suposiciones controvertidas, ya que se busca un soporte para toma de decisiones, si no se crean los datos, no apoyarán las decisiones.

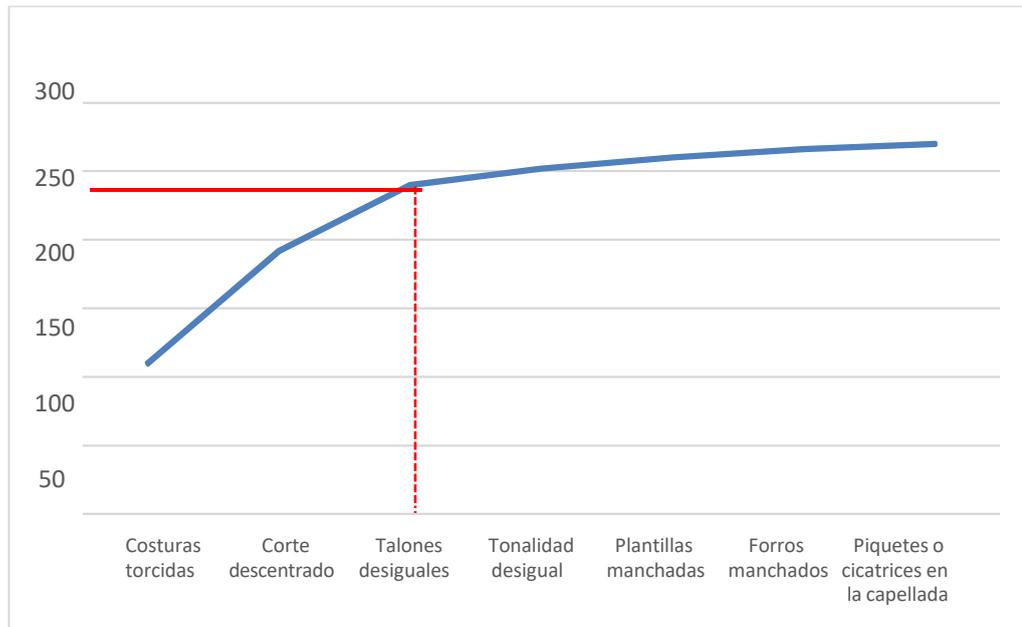


Figura 3. Selección de causas más relevantes

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

En la figura, se presenta el gráfico de selección de causas más relevantes para el ejemplo presentado. Se puede apreciar que los tres tipos de defecto que se pueden considerar como “Pocas Vitales”, generan el 89% de defectos en la fabricación de un calzado.

Metodología Ishikawa

El diagrama de Ishikawa conocido también como causa-efecto, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Nos permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos.

- Elementos del diagrama de Ishikawa

Los elementos que estructuran un Diagrama de Causa – Efecto son:

1. El Problema
2. Causas Mayores: Considerados como Variables Críticas
3. Causas Menores: Causas que inciden sobre las variables críticas
4. Sub Causas: Las que inciden sobre las causas menores.

- Construcción del Diagrama de Ishikawa

Los errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz, o cometer errores tanto en la relación causal como en el orden de las

teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante. El diagrama se elabora de la siguiente manera:

1. Ponerse de acuerdo en la definición del efecto o problema.
2. Trazar una flecha y escribir el "efecto" del lado derecho.



Figura 4. Inicio del diagrama Causa – Efecto de Ishikawa

Fuente. Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa, Sebastián Walter Stachú (2006)

3. Identificar las causas principales a través de flechas secundarias que terminan en la flecha principal.

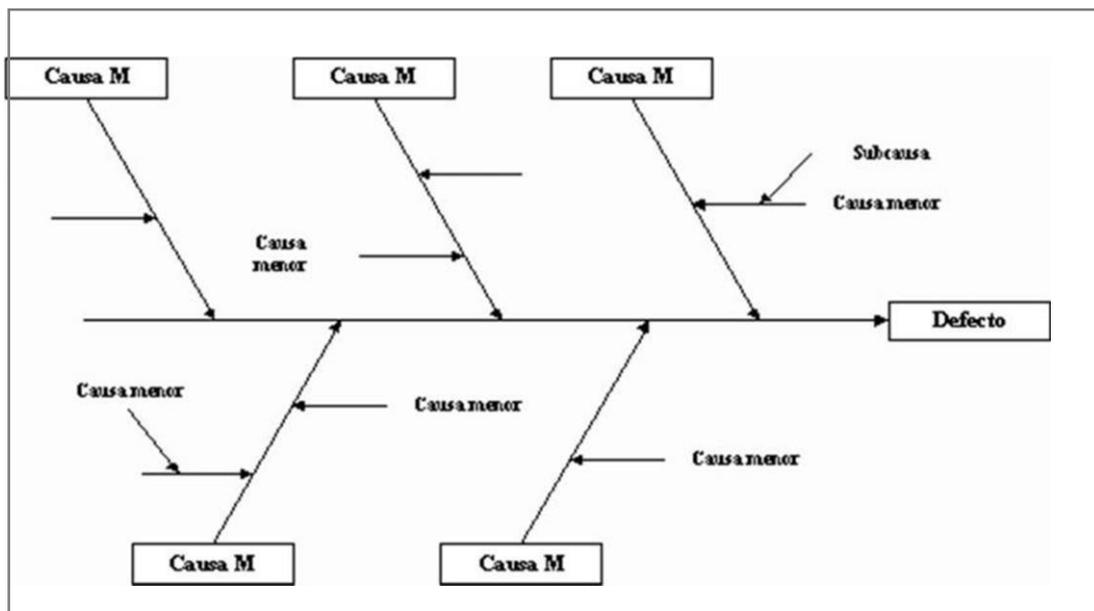


Figura 5. Causas secundarias diagrama Causa – Efecto de Ishikawa

Fuente. Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa, Sebastián Walter Stachú (2006)

4. Identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, así como las causas terciarias que afectan a las secundarias.
5. Asignar la importancia de cada factor.
6. Definir los principales conjuntos de probables causas: materiales, equipos,

métodos de trabajo, mano de obra, medio ambiente (5 M's).

7. Marcar los factores importantes que tienen incidencia significativa sobre el problema.

8. Registrar cualquier información que pueda ser de utilidad.

La Figura 7 nos muestra un ejemplo de Diagrama Causa – Efecto para el caso de análisis del problema de deficiencias en la gestión de mantenimiento de equipos críticos de una Planta Piloto de Concentración de Mineral.

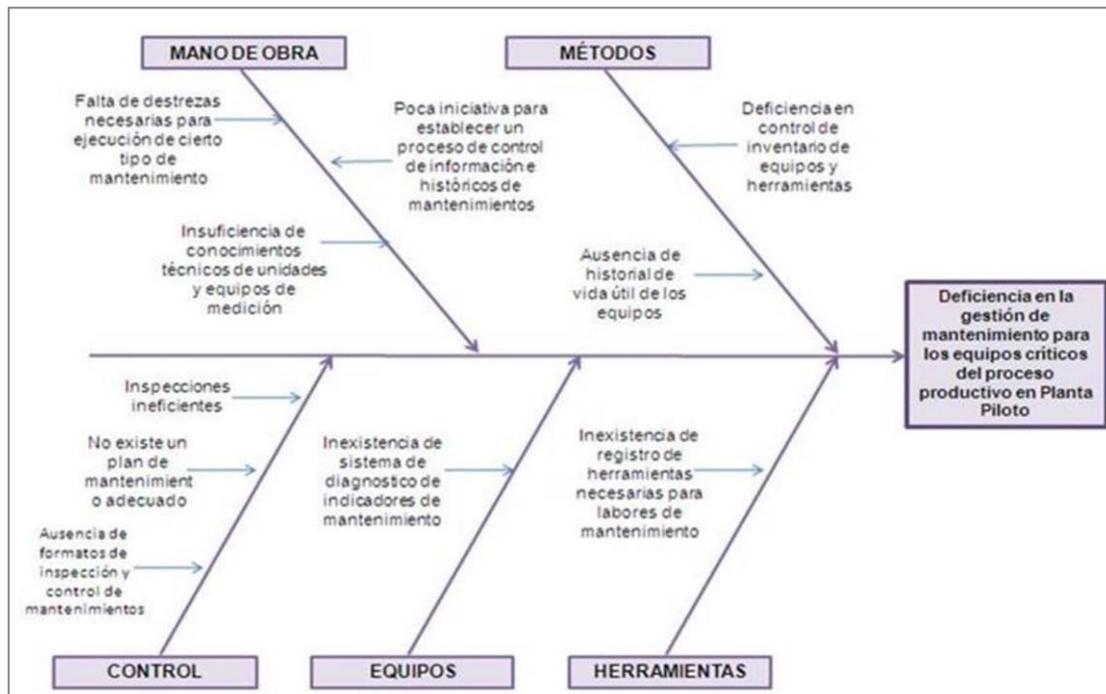


Figura 6. Ejemplo de elaboración Diagrama Causa - Efecto

Fuente. Diseño modelo de gestión de mantenimiento equipos críticos, Ing. Iván Turmero
Astros (2013)

Relación entre los Métodos de Pareto e Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa en primer lugar permite clasificar los defectos y priorizarlos. Una vez priorizados los defectos se procede a realizar un Diagrama de Pareto de causas, el cual nos ayuda a procesar la causa o causas que representan u originan el 80% de los problemas o incidencias.

- **Técnica de estudio de tiempo**

Según Niebel (2010), en su libro Ingeniería industrial, estudio de tiempos y movimientos, manifiesta que el estudio de tiempos es un arte y una ciencia. A fin de

asegurarse el éxito en este terreno, el analista debe desarrollar el arte de inspirar confianza, ejercitar su juicio y crear un trato caballeroso hacia todos los que se ponen en contacto con él. Además, es esencial que su experiencia y entrenamiento hayan sido tales, que pueda comprender en todo su alcance y llevar a cabo diversas funciones relacionadas con cada etapa del estudio. Estos elementos incluyen la selección del operario, el análisis del trabajo y la división del mismo, en elementos, anotación de los Valores de los elementos transcurridos, calificación de la actuación del operario, asignación de las tolerancias que se ponen en contacto con él.

Según Caso (2006) “es una técnica de medida del trabajo empleada para registrar los tiempos y los ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, realizada en condiciones determinadas, para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar una tarea de acuerdo con una norma de ejecución preestablecida”.

Su objetivo es registrar los tiempos empleados, observándolas directamente y usando un instrumento de medición del tiempo (por lo general cronometro, aunque también se utiliza el video y el cronógrafo), evaluando su desempeño y comparando estos resultados con normas establecidas (Baca, 2013).

El estudio de tiempo con cronómetro suele constar de los siguientes pasos:

- Obtener y registrar toda la información que se disponga acerca de la tarea a medir, del operario y de las condiciones de trabajo que puedan influir en el desempeño de la misma.
- Dividir la operación en elementos, describiendo y registrando el método de ejecución.
- Determinar el tamaño de la muestra, asegurándose que se está utilizando el mejor posible para su ejecución por el operario.
- Medir el tiempo que tarda el trabajador en completar cada elemento.
- Al mismo tiempo que lo anterior, valorar el ritmo o la actividad con que el operario realiza la operación.
- Calcular el tiempo básico
- Determinar los suplementos que hay que aplicar
- Calcular el tiempo tipo de la operación

- **Balance de línea**

Según Niebel (2010), el problema de determinar el número ideal de trabajadores que deben asignarse a una producción en línea es análogo al problema del número de trabajadores que deben asignarse a una máquina, en donde se recomendó el uso del diagrama de proceso en grupo. Tal vez, la situación más elemental de balanceamiento de línea, la que se encuentra por todas partes, es en donde varios operarios, cada uno llevando operaciones consecutivas, trabajan como una sola unidad. En tal situación es obvio que la velocidad de producción, a través de la línea, depende del operador más lento.

Según Rau (2012) el balance de línea es un método que se asienta en la sincronización de un grupo de puestos y estaciones de trabajo con el fin de nivelar sus cargas. Este método consiste en disminuir tiempos de esperas e inventarios en procesos, recortar las esperas por recibir trabajo de un puesto precedente, reducir los inventarios en el proceso (acumulación entre puestos) y eliminar cuellos de botella.

Objetivos del Balanceo de líneas:

- El principal objetivo es asignar una carga de trabajo entre diferentes estaciones o centros de trabajo que busca una línea de producción balanceada (carga de trabajo similar para cada estación de trabajo, satisfaciendo requerimientos de producción).
- Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operarios necesarios para cada operación.
- Sistema de pago por productividad.
- Para poder llevar a cabo la aplicación de balance de línea en primer lugar se debe de conocer los siguientes indicadores:

- **Balance de masa**

La medición basada en el balance de masas permite inferir los niveles de desechos alimentarios al comparar los insumos o entradas con las salidas o ventas, tomando en cuenta también los cambios en los inventarios o niveles de existencias disponibles. En la forma más elemental de este método, el volumen de la PDA es la cantidad que se obtiene al restar las salidas de las entradas o insumos (Comisión para la Cooperación ambiental, 2022).

Cómo utilizar el balance de masas para la cuantificación de la PDA

Paso 1. Defina los insumos o entradas, las ventas o salidas y las existencias.

Tres cifras clave conforman la base del cálculo por balance de masas: insumos, salidas y existencias (Comisión para la Cooperación ambiental, 2022).

En una planta manufacturera, los insumos serían los ingredientes utilizados; las salidas o ventas corresponderían a los artículos fabricados, y las existencias en inventario serían todos los ingredientes o productos almacenados en sitio. A escala de estado o país, los insumos se referirían a la producción nacional y las importaciones de alimentos; las salidas o ventas corresponderán al consumo y las exportaciones de alimentos, así como los usos distintos del consumo humano: por ejemplo, semillas, combustible, pienso y alimentos para animales de compañía (Comisión para la Cooperación ambiental, 2022).

Paso 2. Identifique las fuentes de datos.

Después de determinar los insumos, las salidas y las existencias a registrar, busque las fuentes de datos pertinentes para su estimación; por ejemplo, inventarios de productos, registros de embarque y almacenamiento, facturas y otra documentación. Véase el apartado “Registros” en este mismo apéndice, donde encontrará más información sobre cómo recopilar información e integrar registros.

Una vez identificadas las fuentes de datos, asegúrese de que todos los datos estén expresados en las mismas unidades; de lo contrario, tendrá usted que estandarizar las unidades (Comisión para la Cooperación ambiental, 2022).

Paso 3. Dé cuenta de cualquier variación.

Si el peso de los insumos cambia durante el procesamiento o preparación de los alimentos en cuestión, será necesario realizar los ajustes necesarios en la ecuación del balance de masas. Por ejemplo, en algunos procesos de cocción (la elaboración de una salsa, por mencionar uno), se evaporarán grandes cantidades de agua, mientras que en otros (cocción de pasta, como ejemplo) será necesario añadirla. Estos cambios en el peso deberán detectarse y registrarse para evitar distorsionar la cifra total de los desechos (Comisión para la Cooperación ambiental, 2022).

Paso 4. Lleve a cabo un análisis por balance de masas.

Una vez recolectados y estandarizados los datos, proceda a realizar el análisis por balance de masas, aplicando la siguiente ecuación (FLW Protocol, 2016):

$$\text{PDA} = \text{insumos o entradas} - \text{salidas o ventas} \pm \text{cambios en existencias} \pm \text{ajustes}$$

- **Balance nutricional**

El balance nutricional busca gozar de una alimentación adecuada la cual incluya: carbohidratos, grasas y lípidos, minerales, proteínas, fibra y vitaminas (Covarrubias, 2017). Por su parte, el balance de masa se basa en la ley de conservación de la materia, la cual, rigurosamente hablando, hay que aplicarla al conjunto materia-energía, y no a la materia o energía por separado. De acuerdo a ello el proceso estará en balance, cuando todo el peso de la materia ingresante es igual al resultante (Deiana, Granados y Sardella, 2018):

$$[\text{Ingreso de materia}] = [\text{Salida de producto}] + [\text{Materia acumulada}] + [\text{Desperdicio}]$$

- **Distribución de planta**

Núñez (2014) plantea que “la distribución en planta (o layout) consiste en determinar la mejor disposición de los elementos necesarios para llevar a cabo la actividad de una empresa (ubicación de máquinas, puestos de trabajo, almacenes, pasillos, zonas de descanso del personal, oficinas, áreas de servicio, etc.) dentro de la instalación productiva, de manera que se alcancen los objetivos establecidos de la forma más adecuada y eficiente posible. Una buena distribución en planta debe tener en cuenta el espacio requerido para cada proceso productivo y el espacio necesario para las distintas operaciones de apoyo, así como permitir una buena circulación de materiales, personas e información.”

Domínguez (1995) define a la distribución de planta como “el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible”. El mismo autor plantea cuatro objetivos básicos que debe conseguir una buena distribución de planta, los cuales son:

- Alcanzar la integración de todos los elementos o factores implicados en la unidad productiva, para que funcione como una comunidad de objetivos.
- Procurar que los recorridos efectuados por los materiales y hombres, de operación a operación y entre departamentos sean óptimos, lo cual requiere economía de movimientos, de equipos, de espacio, etc.

- Garantizar la seguridad, satisfacción y comodidad del personal, consiguiéndose así una disminución en el índice de accidentes y una mejora en el ambiente de trabajo.
- Adaptar la distribución de planta a los cambios en las circunstancias bajo las que se realizan las operaciones, lo que aconsejable la adopción de distribuciones flexibles. Las decisiones sobre distribución de planta son una de las decisiones clave para determinar la eficiencia de las operaciones a largo plazo.

Heizer (2007), manifiesta que el layout de las operaciones tiene muchas implicaciones estratégicas, ya que “establece las prioridades competitivas de una empresa desde el punto de vista de la capacidad, procesos, flexibilidad y costos, así como también respecto de la calidad de vida en el trabajo, del contacto con el cliente y de la imagen”. Además, el autor dice que el objetivo principal de la estrategia de la distribución de planta es “desarrollar un layout económico que satisfaga los requisitos competitivos de la empresa”.

Chase (2009), plantea que “las decisiones relativas a la distribución entrañan determinar dónde se colocarán los departamentos, los grupos de trabajo de los departamentos, las estaciones de trabajo y los puntos donde se guardan las existencias dentro de una instalación productiva”. Además, plantea que el objetivo principal “es ordenar estos elementos de manera que se garantice el flujo continuo del trabajo (en una fábrica) o un patrón de tránsito dado (en una organización de servicios)”. “El objetivo principal de la distribución eficaz de una planta consiste en desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número deseado de productos con la calidad que se requiere ya bajo costo.”

Niebel (2010) plantea que la distribución física constituye un elemento importante de todo sistema de producción que incluye tarjetas de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, enrutamiento y despacho. Todos estos elementos deben estar cuidadosamente integrados para cumplir con el objetivo establecido. “El diseño de las instalaciones de manufactura y manejo de materiales afecta casi siempre a la productividad y a la rentabilidad de una compañía, más que cualquiera otra decisión corporativa importante. La calidad y

el costo del producto y, por tanto, la proporción de suministro/demanda se ve afectada directamente por el diseño de la instalación.”

Meyers (2006). plantea que el diseño de instalaciones de manufactura se refiere a la organización de las instalaciones físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de sus recursos, como personal, equipo, materiales y energía. El diseño de instalaciones incluye la ubicación de la planta y el diseño del inmueble, la distribución de la planta y el manejo de materiales. Los autores anteriormente expuestos llegan a las mismas conclusiones sobre la distribución de planta, la cual se debe realizar de una forma que: disminuya la circulación del material o del producto o de las personas según sea enfoque, utilizar de forma óptima el espacio de las instalaciones y se pueda cambiar ante cualquier eventualidad. Además, mencionan que una correcta distribución de la planta se traduce en un lugar seguro y grato para el trabajador, y, además, una reducción de costos operacionales.

Solver

El Solver es una herramienta de análisis que tiene el programa Excel, aplicado sobre todo en el mundo empresarial, permite calcular el valor de una celda que depende de diversos factores o variables donde a la vez existen una serie de restricciones que han de cumplirse (Microsoft Office, 2019)

Solver realiza los cálculos para la resolución de problemas de programación lineal, en donde a partir de una función lineal a optimizar (encontrar el máximo o mínimo) y cuyas variables están sujetas a unas restricciones expresadas como inecuaciones lineales, el fin es obtener valores óptimos bien sean máximos o mínimos (Microsoft Office, 2019)

Capacitación

Según Chiavenato, I. (2011) La persona, por medio de la capacitación y el desarrollo asimila información, aprende habilidades, desarrolla actitudes y comportamientos diferentes y elabora conceptos abstractos. La mayor parte de los programas de capacitación se concentra en transmitir al colaborador cierta información acerca de la organización, sus políticas y directrices, las reglas y los procedimientos, la misión y la visión organizacionales, sus productos/servicios, sus clientes, sus competidores, etc. La información guía el comportamiento de las

personas y las vuelve más eficaces. Otros programas de capacitación se concentran en desarrollar las habilidades de las personas a efecto de capacitarlas mejor para su trabajo. Otros más buscan el desarrollo de nuevos hábitos y actitudes para lidiar con los clientes internos y externos, con el trabajo propio, con los subordinados y con la organización.

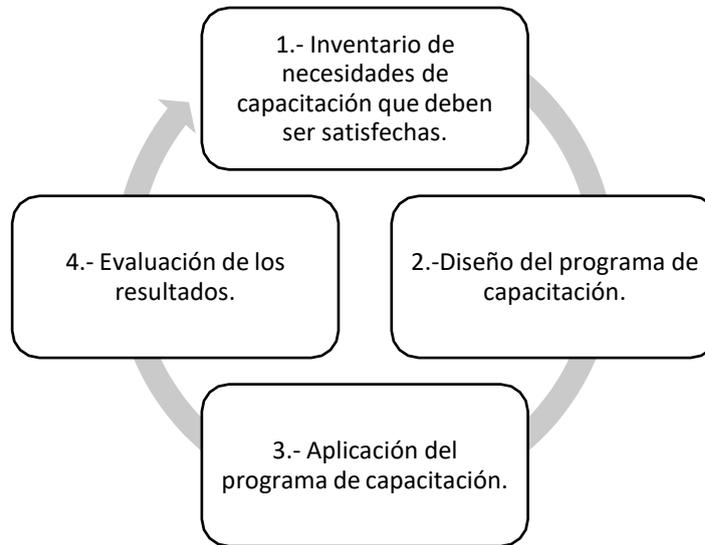


Figura 7. Tipos de cambio de comportamiento en razón de la capacidad

Fuente. Chiavenato, I. (2011).

Por otra parte, la capacitación del personal debe comenzar después de la inducción, capacitar es proporcionar a los empleados las habilidades que necesitan para realizar su trabajo, realizar la capacitación del personal es una de las bases de una buena administración que los gerentes siempre tienen que tener en cuenta, este es un proceso cíclico y continuo que consta con cuatro etapas:

1. **Inventario de necesidades a satisfacer:** Consiste en realizar un inventario de todas las carencias o necesidades de capacitación que deben ser satisfechas por la empresa.
2. **Diseño del programa:** Se desarrolla el programa de capacitación que se encargará de satisfacer todas las necesidades de capacitación inventariadas por la empresa.
3. **Aplicación del programa de capacitación:** Se ejecuta y dirige el programa de capacitación, con la finalidad de satisfacer todas las necesidades de capacitación inventariadas por la empresa.

Evaluación de los resultados: Se evaluará los resultados obtenidos tras la aplicación del programa de capacitación.

Logística

Actualmente, la gran preocupación de las organizaciones radica en tener inventarios exactos en sus almacenes. Esta intranquilidad hace que muchos profesionales se enfoquen únicamente en lo que tienen almacenado y dejen de lado el control sobre el flujo de entrada de mercadería (Vargas, M., 2015)

Ante esta problemática existen diversas técnicas que una empresa puede emplear para adquirir la cantidad de inventario necesario que a su vez le permita alcanzar y/o superar el target de ventas trazado. Aquí, resulta importante señalar que estas técnicas se pueden realizar independientemente del giro de negocio, el tamaño de facturación, la naturaleza de la empresa o su localización (si es local o internacional). (Vargas, M., 2015)

Dentro de las opciones que tiene una empresa para controlar su inventario, la reposición en base a mínimos y máximos se constituye como una buena alternativa. La razón de su éxito se debe a que este método es efectivo cuando nos referimos a productos como repuestos, materiales, partes y componentes del sector industrial, donde los parámetros de consumo están claramente establecidos, y normalmente el pedido máximo responde al consumo promedio semanal o mensual de determinado producto (Vargas, M., 2015)

Otra forma de controlar los inventarios responde a lo estipulado en el presupuesto. Así, se compra y se consume en base a lo presupuestado. Sin embargo, esto puede generar pérdidas en las ventas por la aparición de pedidos no considerados o coyunturas comerciales donde el pico de ventas llega a su máxima expresión (Vargas, M., 2015)

Una tercera alternativa, y acaso la técnica más empleada y que presenta mejores resultados, es el trabajo con Pronósticos de Demanda, que es básicamente un sistema de previsión de un hecho futuro que por su naturaleza es incierto y aleatorio (Vargas, M., 2015)

Dentro de las variables representativas a considerar para la generación de pronósticos se contempla a los siguientes aspectos:

- **Histórico de Consumo o de Ventas:** Permite considerar una tendencia de movimiento de los productos, la misma que puede ser lineal, potencial, logarítmica o sin tendencia. Esta información es muy importante cuando se utilizan modelos de pronósticos que dan prioridad o un determinado peso a esta información. No obstante, se tiene que tener presente que la información del histórico es no siempre marca la tendencia futura de consumo y/o venta (Vargas, M., 2015)
- **Inventario Actual (On Hand):** Es información trascendental, de primera mano, debido a que se debe de pronosticar considerando aquello que tienen las empresas en stock, ya que el objetivo es emplear el mismo (Vargas, M., 2015)
- **Pedidos Pendientes por Llegar (On Order):** Son aquellos productos que aún no llegan pero que una vez en almacén, o están destinados para atender un pedido o simplemente han sido adquiridos como reposición de stock. Si la premisa es reducir el inventario, esta información tiene que ser considerada finalmente (Vargas, M., 2015)
- **Stock de Seguridad (SS):** Es necesario considerarlo ya que no en toda empresa existen productos críticos, que no necesariamente los vas a conseguir por medio de una Orden de Compra Abierta dado el monto y volumen de la misma o porque el fabricante no cuenta con representación nacional en el territorio. Se tiene que tener en cuenta que el Stock de Seguridad (SS) está en función al consumo y/o venta $SS=f(\text{Venta o Consumo})$. No es un porcentaje o cantidad fija inamovible en los almacenes (Vargas, M., 2015)
- **Cobertura de Inventario:** Se encuentra condicionada por la política de la empresa (niveles de ventas o presupuesto o disponibilidad de efectivo, etc). Es una variable considerada en muchos pronósticos ya que es el determinante entre comprar o no (Vargas, M., 2015)
- **Back Order y Back Log:** Son variables que de por sí guardan similitud ya que la primera representa los pedidos no atendidos a punto de vencer y la segunda los ya vencidos. Son determinantes al momento de realizar los pedidos debido a que una vez que contemos con inventario, el mismo puede desaparecer debido a que no se ha considerado ningún Back (Vargas, M., 2015)
- **Lead Time (LT) de los proveedores:** Marcan la pauta al momento de la reposición. Si el mismo es de 60 días, más 20 días de tránsito debido a que es

una importación, tiene que considerarse esta información al momento de calcular el pronóstico. La idea es contar con la mercadería a tiempo sin incurrir en pérdida de consumo y/o ventas (Vargas, M., 2015)

- **Previsión de ventas del área Comercial:** Es un input muy importante al momento de generar los pronósticos debido a que es el target que el área comercial estima que puede alcanzar. No podemos dejar de lado esta información debido a que es la fuerza de ventas la que tiene contacto directo con los clientes, siendo información fresca, de primera línea (Vargas, M., 2015)

Respecto a la Gestión de Logística, es la gobernanza de las funciones de la cadena de suministro. Las actividades de gestión de logística típicamente incluyen la gestión de transporte interno y externo, la gestión de flotas, el almacenamiento, la manipulación de materiales, el cumplimiento de órdenes, el diseño de redes logísticas, la gestión de inventario, la planificación de oferta/demanda y la gestión de proveedores de logística externos (García, 2016). Contempla subprocesos logísticos como:

- **Gestión de inventarios,** es la administración adecuada del registro, compra y salida de inventario dentro de la empresa. La correcta gestión de inventarios permite ofrecer una alta disponibilidad de productos al cliente manteniendo bajos los costos de inventarios (Carreño, 2011)
- **Gestión de almacenamiento:** función logística que trata la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de consumo de cualquier material – materias primas, semielaborados, terminados, así como el tratamiento e información de los datos generados El mantenimiento de inventarios supone costos, pero también puede generar beneficios y ahorros (Carreño, 2011)
- **Gestión de compras:** Su fin es asegurarse de contar con los mejores proveedores para abastecer los mejores productos y servicios, al mejor valor total. Compras es el área funcional de la empresa encargada de adquirir los materiales necesarios para las operaciones de la empresa, en la cantidad necesaria, en el momento y lugar precisos, de la calidad adecuada y al precio más conveniente. (Carreño, 2011)

- **Gestión de transportes:** es la gestión logística que se encarga de la elección del medio o los medios de transporte a utilizar y la programación de los movimientos a emplear (García, 2016).
- **Punto de reposición:** El punto de reorden es la cantidad mínima de existencia de un artículo, de modo que cuando el stock llegue a esa cantidad, el artículo debe reordenarse. Este término se refiere al nivel de inventario que activa una acción para reponer ese inventario en particular (Sánchez, 2016). Su fórmula es la siguiente:

$$ROP = dL$$

Ecuación 1. Punto de reposición

Donde:

d: Demanda diaria

L: Lead time

- **Rotación de inventarios:** La rotación de Inventarios es el indicador financiero que permite conocer el número de veces en que el inventario es realizado en un periodo determinado. La rotación de inventarios permite identificar cuántas veces se convierte el inventario en dinero o en cuentas por cobrar (se ha vendido). Con ello determinamos la eficiencia en el uso del capital de trabajo de la empresa. Entre más se rote el inventario, más rápido se realiza el dinero invertido en ellos, lo que permite un mayor retorno o rentabilidad en la inversión (Gerencie, 2020)

Rentabilidad

Según Pérez, Rodríguez y Molina (2002) la rentabilidad es el rendimiento que se produce después de realizar una inversión en un determinado tiempo; es decir una empresa es rentable si sus ingresos son mayores que sus egresos, esto es una forma de comparar los medios que se han utilizado en ello y la renta que se ha generado fruto de esa inversión.

1.1.3. Definición de Términos

- Ajustes: cambio, positivo o negativo, en el peso de los ingredientes o productos alimenticios, debidos con mayor frecuencia a la adición o remoción de agua.

- Balance de líneas. consiste en agrupar actividades u operaciones que cumplan con el tiempo de ciclo determinado con el fin de que cada línea de producción tenga continuidad, es decir que, en cada estación o centro de trabajo, cuente con un tiempo de proceso uniforme o balanceado, de esta manera las líneas de producción pueden ser continuas y no tener cuellos de botella.
- Cadena de Suministro. Movimiento de materiales, fondos, e información relacionada a través del proceso de la logística, desde la adquisición de materias primas a la entrega de productos terminados al usuario final. La cadena del suministro incluye a todos los vendedores, proveedores de servicio, clientes e intermediarios.
- Cambios en las existencias: variación, positiva o negativa, en la cantidad de ingredientes o productos alimenticios almacenados en una instalación o región geográfica dentro del marco temporal de medición.
- Canales Logísticos. La red de cadenas de suministro participantes comprometidas en almacenamiento, manejo, traslado, transporte y funciones de comunicaciones que contribuyen al flujo eficaz de los bienes.
- Capacitación. Proceso que posibilita al capacitando la apropiación de ciertos conocimientos, capaces de modificar los comportamientos propios de las personas y de la organización a la que pertenecen.
- Cuello de Botella. Punto de capacidad limitada cuando el flujo disminuye debido a un estrangulamiento.
- Desabastecimiento. Falta de materiales componentes o bienes terminados que sean necesarios en el proceso de producción o comercialización.
- Distribución de planta. es la ordenación de los equipos industriales y de espacios necesarios para que un sistema productivo alcance sus objetivos con la eficiencia adecuada. Los equipos industriales es cualquier elemento que necesite un espacio y que intervenga en un proceso productivo.
- Eficiente. Con poco o nada de desperdicios. En forma alternativa, un término conciso que se refiere al enfoque hacia la eliminación de desperdicios de la producción y distribución a través de la participación activa y la motivación a los trabajadores y el enfoque hacia el valor para el cliente. Ser eficiente significa sacarles el jugo a los recursos escasos.

- Gestión del Inventario. Cooperación entre el comprador y el proveedor, en general, en forma de información pronosticada compartida y un plan único y conciliado para mejorar la disponibilidad del inventario y reducir su costo.
- Insumos: ingredientes o productos alimenticios que ingresan en una instalación o región geográfica dentro del marco temporal de medición.
- Inventarios. Existencias, Existencia de seguridad de materias prima, trabajo en proceso o materiales para cubrir la oferta y la demanda incierta o errática para evitar el desabastecimiento.
- Logística. Es la encargada de la distribución eficiente de los productos de una determinada empresa con un menor costo y un excelente servicio al cliente. Por lo tanto, la logística busca gerenciar estratégicamente la adquisición, el movimiento, el almacenamiento de productos y el control de inventarios, así como todo el flujo de información asociado, a través de los cuales la organización y su canal de distribución se encauzan de modo tal que la rentabilidad presente y futura de la empresa es maximizada en términos de costos y efectividad.
- Optimización. Optimización hace referencia a la acción y efecto de optimizar. En términos generales, se refiere a la capacidad de hacer o resolver alguna cosa de la manera más eficiente posible y, en el mejor de los casos, utilizando la menor cantidad de recursos.
- Salidas: ingredientes o productos alimenticios que salen de una instalación o región geográfica dentro del marco temporal de medición.
- Solver. Es una herramienta de análisis en el programa Excel, aplicado sobre todo en el mundo empresarial, permite calcular el valor de una celda que depende de diversos factores o variables donde a la vez existen una serie de restricciones que han de cumplirse.
- Suministros. Artículos necesarios para la operación de la empresa que no tienen relación con el producto que se fabrica; dentro de estos se pueden mencionar repuestos, accesorios, papelería y útiles.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción y logística sobre la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, Trujillo, 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción y logística sobre la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, Trujillo, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la gestión de producción y logística, de un molino de alimento balanceado.
- Proponer metodologías, técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial en la gestión de producción y logística, de un molino de alimento balanceado.
- Evaluar la viabilidad económica y financiera de la propuesta de mejora y su impacto en la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, en Trujillo, 2022

1.4. Hipótesis

La propuesta de mejora en la gestión de producción y logística incrementa la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, en Trujillo 2022.

1.5. Variables

1.5.1. Variable independiente

Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística en un molino de alimento balanceado

1.5.2. Variable dependiente

Rentabilidad.

1.6. Aspectos éticos

La información requerida para preparar esta tesis, fue proporcionada por la gerencia del molino de alimento balanceado, para darle uso responsable.

Los tesisistas se comprometen en dar uso apropiado a esta información y ser respetuosos de la confidencialidad de temas reservados, que la gerencia compartió gentilmente con ellos.

Las propuestas de mejora, preverán el cumplimiento de las normas que garanticen la salud e integridad del personal del molino; el cuidado del medio ambiente y la satisfacción de las expectativas de los clientes, en cumplimiento de los principios de la Responsabilidad Social.

Los operarios de la empresa en todo momento estuvieron apercibidos de la naturaleza del trabajo de investigación, que motivó la presencia de los tesisistas en la planta. Su colaboración fue solicitada personalmente por los directivos y brindada abiertamente.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 2.

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Fórmula
Variable independiente: Gestión de producción	Procedimiento que aplica el ingeniero de métodos, para analizar todos los elementos productivos y no productivos de una operación, con la idea de mejorarla.(Niebel, B)	La propuesta permite mejorar la gestión de producción y con ello, incrementar la rentabilidad del molino de alimento balanceado.	Eficiencia	Costo por tipo de alimento balanceado	Costo Horas-hombre/bolsa
			Eficiencia	Costo de mano de obra para producir el alimento balanceado	Costo insumos/bolsa
			Eficiencia	Costo del tiempo en desplazamiento de los operarios	$\frac{\text{Distancia recorrido} \times \text{Costo}_{\text{HH}}}{\text{Velocidad del desplazamiento}}$
Variable independiente Gestión logística	Proceso de planificar, llevar a cabo y controlar, de una forma eficiente, el flujo de materias primas, inventarios en curso, productos terminados, servicios e información relacionada, desde el punto de origen al punto de consumo.(Logística de la A a la Z. Carreño 2011)	La propuesta permite mejorar la gestión logística y con ello, incrementar la rentabilidad del molino de alimento balanceado.	Eficiencia	Costo materiales descartados por infestación y contaminación	$\frac{\text{Costo material descartado}}{\text{Costo total comprado}}\%$
			Eficacia	Sobrecosto en compras reactivas .	$\frac{\text{Costo reactivo} - \text{costo std}}{\text{Costo std}}\%$
Rentabilidad	Capacidad de un activo para generar utilidad. Relación entre el importe de determinada inversión y los beneficios obtenidos una vez deducidos comisiones e impuestos. (Glosario BCR, 2022)	Son los materiales, la mano de obra y los costos indirectos de fabricación. Es información necesaria para la medición del ingreso y la fijación del precio del producto.	Rentabilidad		$\frac{\text{Rentabilidad}}{\text{Ventas}}\%$

Fuente. Elaboración Propia.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El trabajo de Investigación Diagnóstica o Propositiva es un proceso dialéctico que utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales, encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas, estudiar la relación entre factores y acontecimientos o generar conocimientos científicos.

La presente tesis es una investigación diagnóstica y propositiva, ya que, como afirma gallego (2017), utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales; encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas; estudiar la relación entre factores y acontecimientos o a generar conocimientos científicos.

2.2. Población y Muestra

Población: Todos los procesos del molino de alimento balanceado.

Muestra: Los procesos de producción y logística.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

En la siguiente tabla se detallan las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio:

Tabla 3.

Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

TÉCNICA	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	APLICADO EN
Observación de campo	Permitió observar las gestiones de la empresa, las actividades, procesos y problemas en ellos.	-Cuaderno de apuntes -Cámara fotográfica -Cronómetro	En el área de producción y logística del molino de alimento balanceado.
Entrevista	Permitió obtener mayor detalle del funcionamiento y gestión de la empresa en cuanto a producción.	-Guía de entrevista-cuestionario -Cuaderno de apuntes. -Cámara fotográfica	En el gerente de la empresa.
Análisis de documentos	Permitió descifrar información solicitada obteniendo una base de datos de los procesos de producción.	-Microsoft Excel -Laptop -Cuaderno de apuntes	Base de datos de la empresa en estudio.
Encuesta	Permitió analizar los factores que intervienen en la producción.	-Cámara fotográfica -Guía de encuesta	Personas que labora en el área de producción.

Fuente. Elaboración propia

Observación directa

Objetivo:

Identificar la problemática en las áreas de producción y logística, de un molino de alimento balanceado y las consecuencias que esta genera en su rentabilidad.

Procedimiento:

Mantener un seguimiento continuo, toma de tiempos, entre otros; de los procesos en el área de producción y logística de la empresa.

Instrumentos:

Breviario de apuntes y lápices.

Entrevista

La entrevista se realizará al gerente del molino de alimento balanceado.

Objetivo:

Determinar la situación actual del molino de alimento balanceado y conocer con mayor detalle su funcionamiento y gestión de producción. para puntualizar los problemas fundamentales la planta de fabricación y logística, que están directamente relacionados con la rentabilidad.

Parámetros:

Duración: 45 minutos

Lugar: Gerencia

Procedimiento:

Con el fin de obtener la información necesaria para conocer dicha problemática, se procede a realizar una sucesión de preguntas.

Instrumentos:

Guía de entrevista, cámara fotográfica y lapiceros.

Análisis de documentos

Objetivo:

Indagar la problemática en documentos físicos y virtuales, que mantenga la empresa y contrastarlos con lo observado.

Procedimiento:

Organizar los instrumentos adecuados para realizar el análisis de documentación histórica.

Instrumentos:

USB, laptop, breviarío de apuntes, lapicero.

Encuesta

Objetivo:

Obtener información de todos los procesos del área de producción y logística, para verificar el periodo de producción y la ejecución de los trabajadores. Se aplican las encuestas a expertos para conocer más de las causas raíces.

Parámetros:

Duración: 50 minutos

Lugar: Molino de alimento balanceado.

Procedimiento:

Realizar una serie de preguntas al gerente y a los trabajadores del área de producción del molino, a fin de conocer los puntos resaltantes del área.

Instrumentos:

- Guía de encuesta, lapiceros y cámara fotográfica.
- Estadísticas de producción y ventas oficiales.
- Estadística aplicada.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Los resultados obtenidos se muestran mediante las siguientes herramientas:

Tabla 4.

Instrumentos y métodos de procesamiento de datos

Herramienta	Descripción
Diagrama de Ishikawa	Se elabora un Diagrama Ishikawa para plasmar las causas raíces.
Matriz de priorización	Se utiliza con el fin de ordenar las causas raíces halladas de acuerdo a su impacto económico en el periodo 2021.
Pareto	Esta herramienta permite obtener las causas raíces que generan un 80% de impacto en el problema de elevados costos operativos.
Matriz de indicadores	Se elaboran indicadores para medir el impacto de la mejora en cada causa raíz.
Diagrama de análisis de procesos	Se elabora para determinar las actividades productivas e improductivas presentes en el proceso de producción.

Fuente. Elaboración propia

Procesamiento de información

Para analizar los datos se ha utilizado Microsoft Office Excel, para el cálculo de indicadores y valores en general que forman parte de la presente investigación.

2.5. Procedimiento

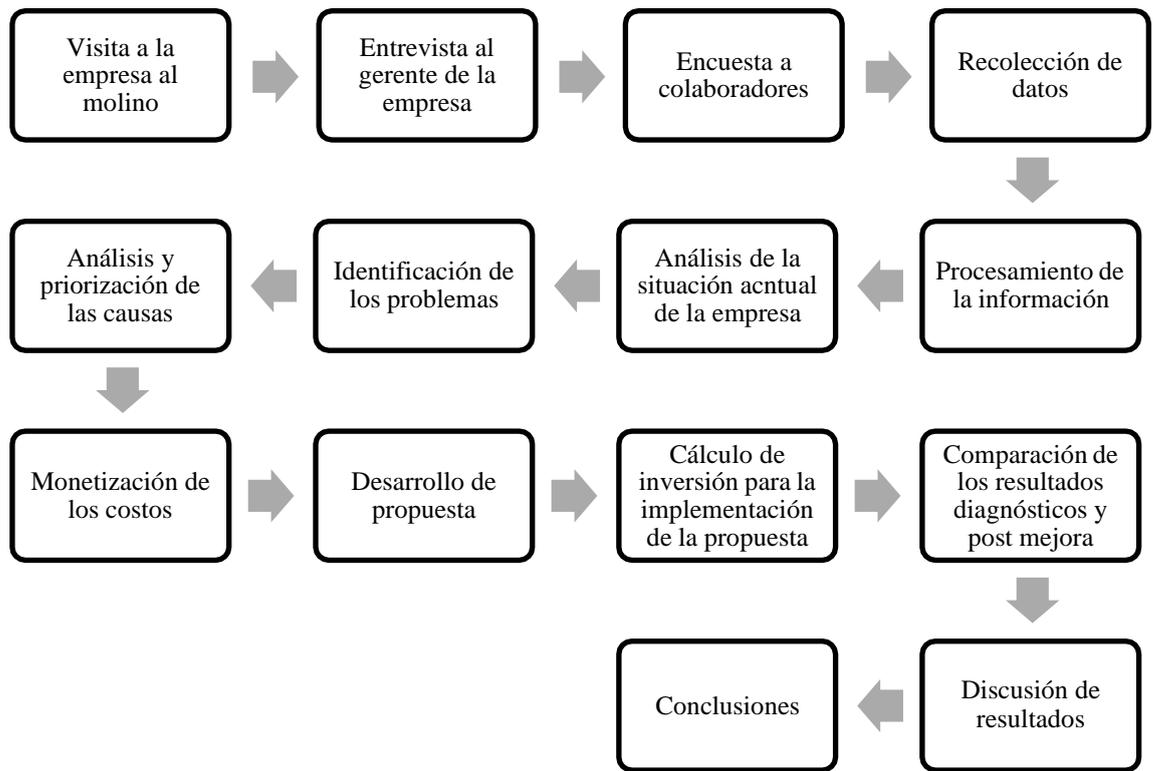


Figura 8. Procedimiento de investigación

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.1. Misión y Visión

Misión

Ser la empresa líder en producción y comercialización de balanceados, entregando a sus clientes, productos que superen sus expectativas, manteniendo altos estándares de calidad y eficiencia.

Visión

Ser reconocidos como líderes innovadores, en la producción y comercialización de alimentos balanceados, de alta calidad que satisfagan la demanda de nuestros clientes.

2.5.2. Organigrama

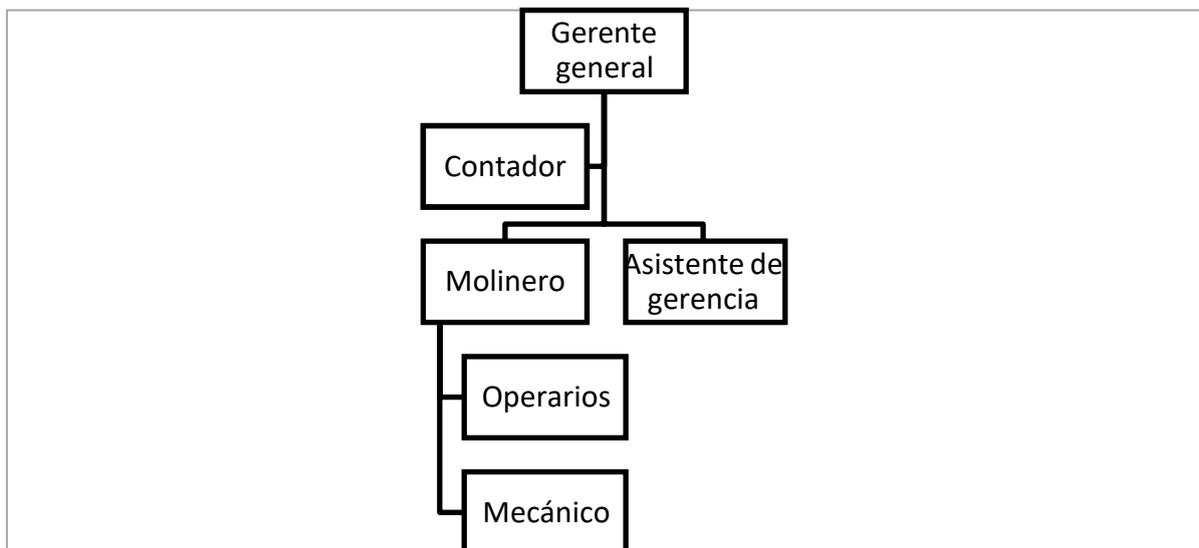


Figura 9. Organigrama

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.3. Distribución de la empresa

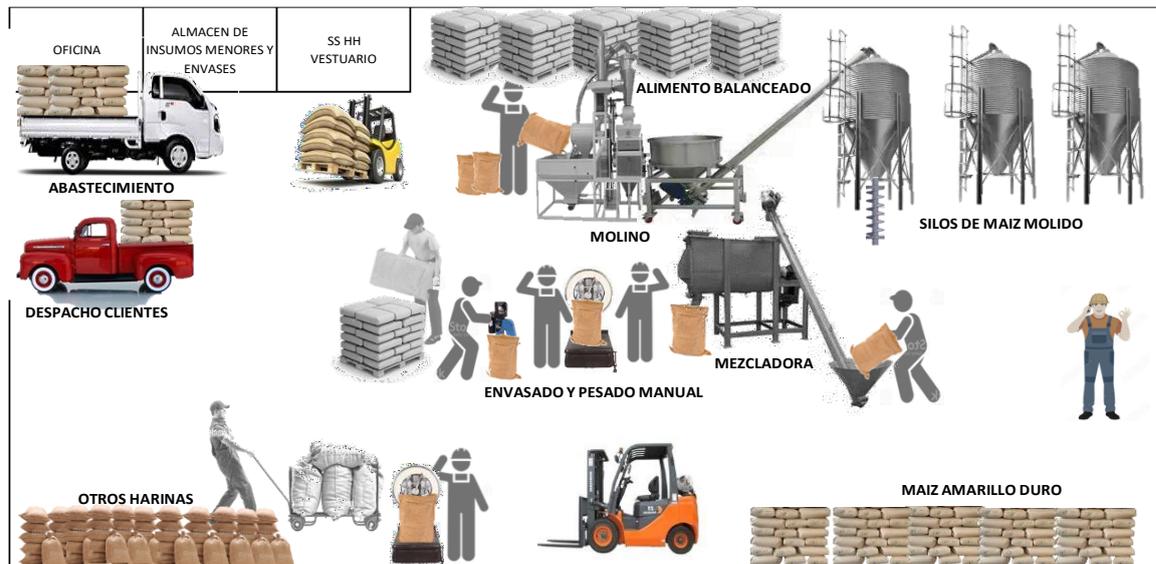


Figura 10. Layout actual

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.4. Principales Competidores

- Molino Sur y Norte SAC
- Molino Trujillo SAC
- Nutrimentos Trujillo SRL

2.5.5. Principales Proveedores

- Montana S.A.
- Agricultores de San Martín
- Asociación de productores de maíz y sorgo de la provincia de alto amazonas
- Cogorno S.A., Planta Trujillo
- Molino El Triunfo S.A.
- Pesquera Exalmar S.A.A .
- Norsac S.A.
- Oxyman comercial SAC

2.5.6. Principales Productos

- Alimento balanceado para aves, para su ciclo de vida.

2.5.7. Principales Clientes

- Granja Italia
- Granja Mochica
- Granja Tradisa III
- Granja avícola La Yema S.A.C.
- Granja avícola Helen S.A.C.

2.5.8. Foda

Tabla 4.

FODA de la empresa

<p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> Puntualidad en las entregas Calidad de servicio Cumplimiento de compromisos Productos seguros Reconocimiento en el medio Clientes importantes Capacidad instalada disponible Ubicación estratégica 	<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Nuevos clientes Nuevos mercados Nuevos productos : peletizados; para mascotas, etc. Nuevas formas de publicitar Nuevos insumos Automatización Fórmulas optimizadas Nuevos proveedores Mejor servicio post venta Financiamiento a clientes Otros puntos de venta
<p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Empíricos en nutrición animal Falta capacitación en gestión logística Falta capacitación en gestión de producción Operaciones manuales Altos costos de producción Falta innovación Poca diversificación 	<p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> Continuidad en pandemia Incremento tasa de cambio del sol. Más competencia Ingreso de alimento importado a bajo precio Crecimiento en tasa de cambio Escases de materiales Decrecimiento de la demanda Obsolescencia tecnológica Políticas de gobierno inadecuadas para el sector.

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.9. Mapa de procesos

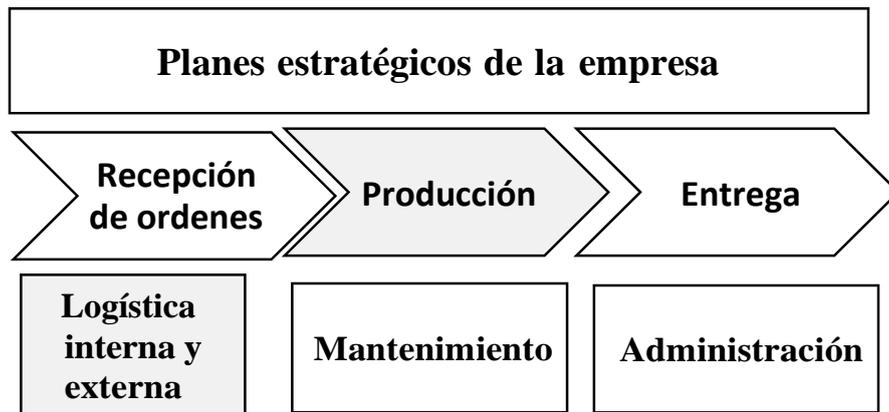


Figura 11. Mapa de procesos

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.10. Cadena de valor

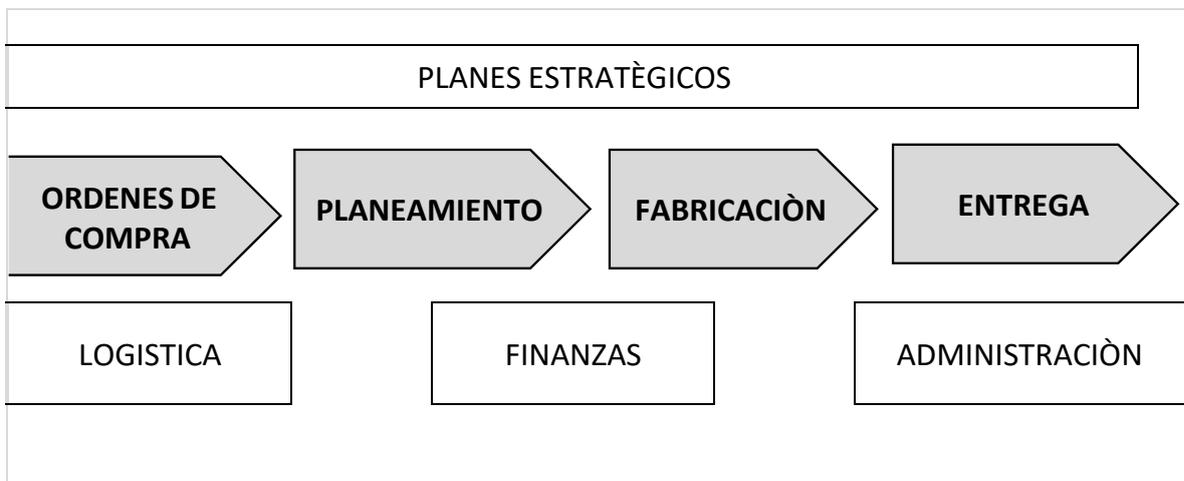


Figura 12. Cadena de valor

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.11. Diagrama de actividades del proceso

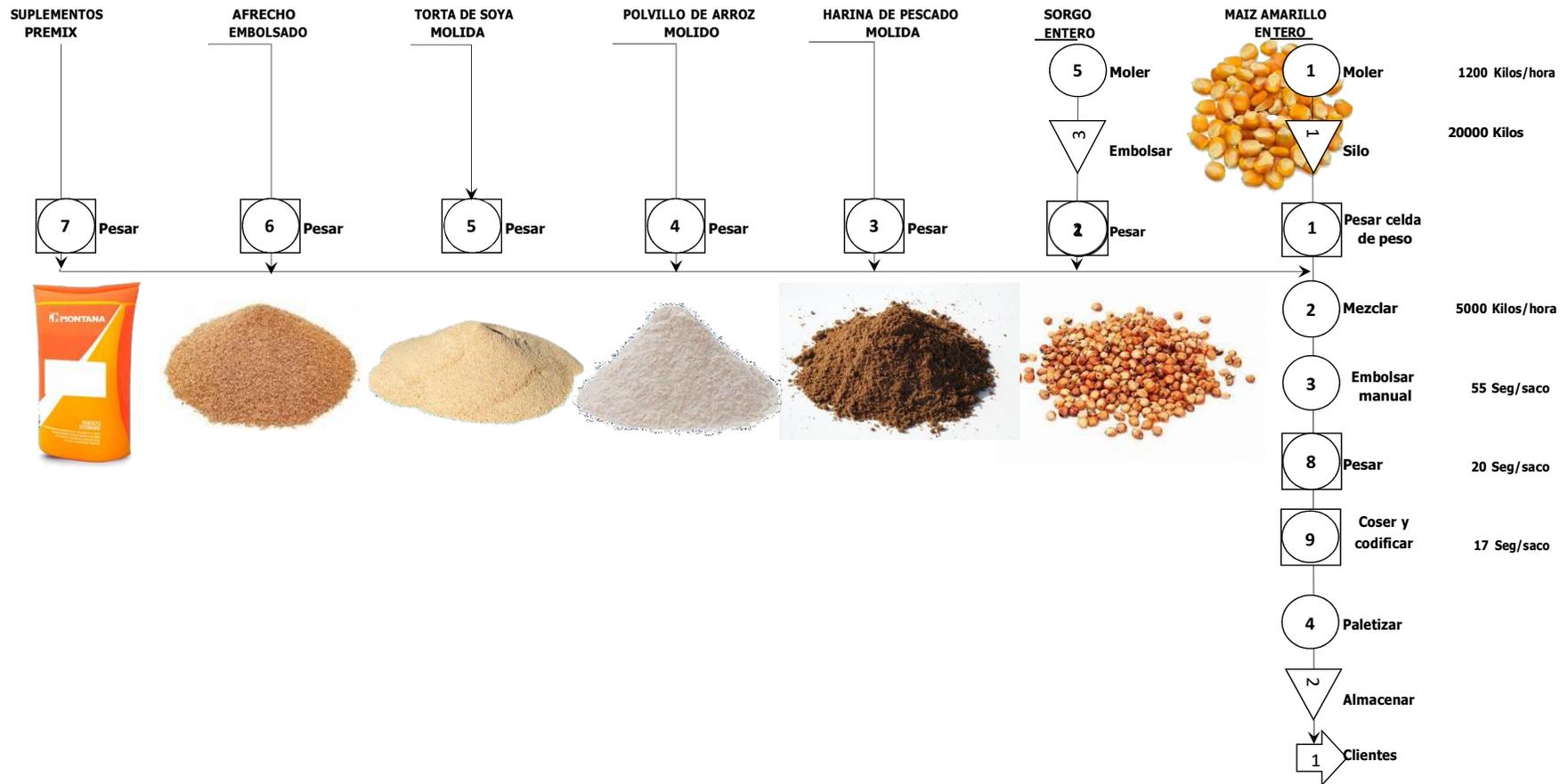


Figura 13. Diagrama de actividades actual

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.2.2. Diagnóstico de problemáticas principales

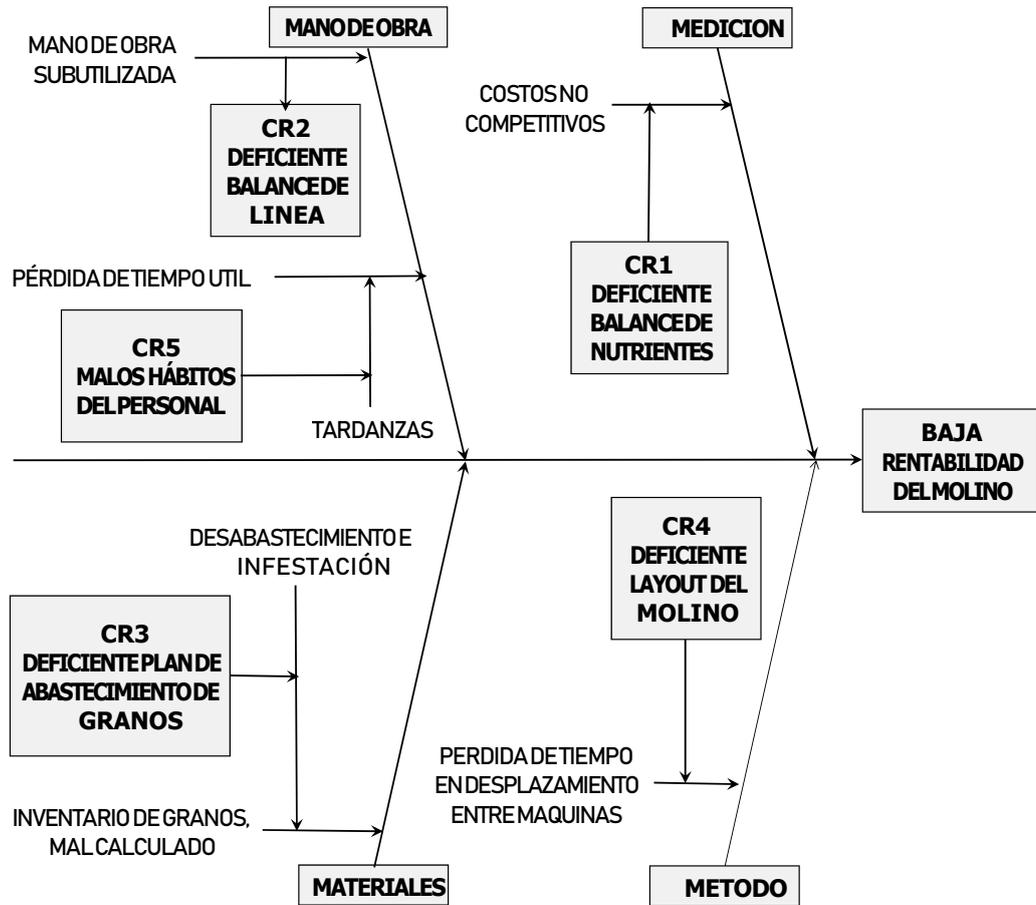


Figura 14. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa

Fuente. Elaboración Propia.

Priorización de las Causas Raíz

La priorización de las causas raíz se hizo según el juicio de los directivos del molino de alimento balanceado, como se muestra a continuación:

Tabla 5.
Priorización por impacto económico

		Gerente	Molinero	Asistente de gerencia	Contador	Total	%	%Acum
CR1	Deficiente balance de nutrientes	10	10	10	8	38	24%	24%
CR2	Deficiente balance de línea	10	10	8	8	36	22%	46%
CR3	Deficiente plan de abastecimiento de granos	10	8	8	8	34	21%	67%
CR4	Deficiente layout del molino	8	8	6	6	28	17%	84%
CR5	Malos hábitos del personal	8	6	6	5	25	16%	100%

Fuente. Empresa fabricante de carrocerías. Elaboración propia

Diagrama de Pareto de las causas raíz

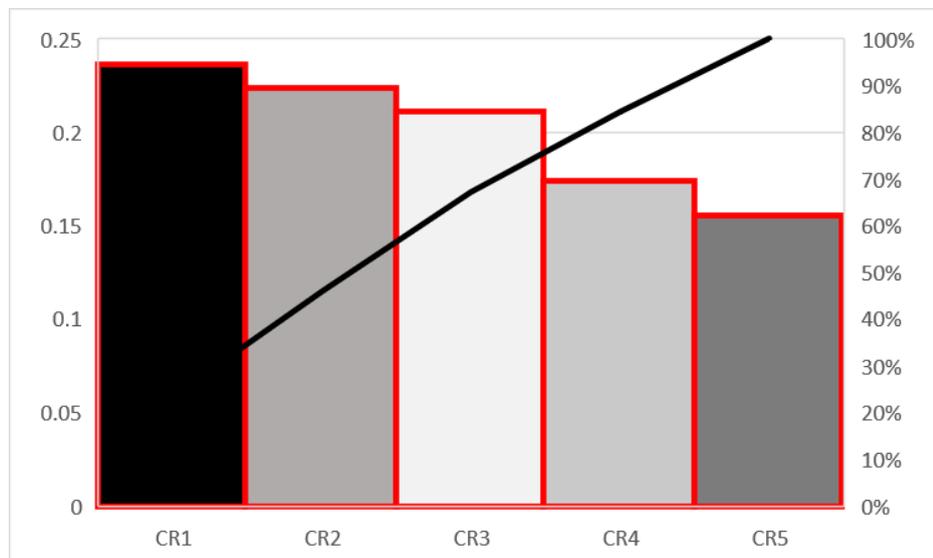


Figura 15. Pareto de causas raíz de la problemática

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.2.3. Identificación de indicadores.

Tabla 6.

Matriz de indicadores

N° Causa	Causa Raíz	Indicador		Fórmula	Valor Actual	Pérdida	Valor Meta	Pérdida	Beneficio	Herramienta	Métodos	Inversión
CR1	Deficiente balance nutricional	Costo insumos/bolsa	TIPO DE ALIMENTO BALANCEADO SEGÚN ESTADIO DE VIDA DEL AVE	Inicio	S/ 69.400	S/ 1,075,701	S/ 67.362	S/ 1,044,110	S/ 31,591	Balance de masa Balance nutricional	Optimización con Solver	Computadora S/3500 Capacitación en Solver S/2000
				Crecimiento	S/ 65.100	S/ 1,119,720	S/ 63.868	S/ 1,098,538	S/ 21,182			
				Desarrollo	S/ 60.900	S/ 1,254,540	S/ 59.483	S/ 1,225,342	S/ 29,198			
				Pre postura	S/ 68.000	S/ 965,601	S/ 66.306	S/ 941,541	S/ 24,060			
				Postura	S/ 70.100	S/ 773,904	S/ 66.679	S/ 736,141	S/ 37,763			
				Final	S/ 69.900	S/ 510,270	S/ 66.308	S/ 484,049	S/ 26,221			
CR2	Deficiente balance de línea	Mano de obra/bolsa		Horas-Hombre/Bolsa x Costo de H-H	0.178	S/ 102,994	0.112	S/ 45,219	S/ 57,774	Estudio del trabajo	Balance de línea Mejora de métodos	Máquina pesadora-cosedora semi-automática S/62,917 Codificador ink jet S/6,857
CR3	Deficiente planeamiento de abastecimiento	Sobrecostos en compras reactivas		$(\text{Costo reactivo} - \text{costo std}) \times Q_{\text{Reactiva}}$	0.078%	S/ 4,333	0.019%	S/ 1,083	S/ 4,785	Gestión de stocks	Punto de pedido EOQ	Capacitación en gestión de abastecimiento S/2000
		Insumos descartados por obsolescencia		$\frac{\text{Costo de insumos descartados}}{\text{Costo total insumos comprados}} \%$	0.037%	S/ 2,048	0.009%	512				
CR4	Deficiente layout del molino	\sum Costo tiempo en desplazamientos		$\frac{\sum \text{Km Recorridos} \times \text{Costo de mano de obra}}{\text{Velocidad del desplazamiento}}$	147	660	76	357	S/ 302	Estudio del trabajo	Método Muther de distribución	Obras civiles S/8,000

Fuente. Elaboración propia

2.6. Solución propuesta

2.6.1. Descripción de causas raíces

Descripción de la causa raíz 1: Deficiente balance nutricional

Los alimentos balanceados, son mezclas de insumos, con características nutricionales diferentes, determinadas en laboratorio, que se complementan, para cumplir con los requerimientos de las especies a los que están orientados.

- Maíz amarillo duro: Para la avicultura, el maíz asume un rol de vital importancia en la alimentación por el hecho de componer casi el 60% de una dieta de pollos. Es una destacada fuente de vitaminas del grupo B y de minerales. Posee un valor nutritivo similar al de los otros cereales, aunque se diferencia de éstos en su elevado contenido en carotenos, ningún otro cereal los contiene, o pro vitaminas A, que se transforman en vitaminas A en el organismo y se caracterizan por su alto poder antiinfeccioso.

Las características de los principales insumos del alimento balanceado para aves, son

- Sorgo: alimento energético económico. Su uso tiene limitaciones porque interfiere el crecimiento de las aves y otorga color amarillento a la carne.
- Harina de pescado: fuente de minerales. Rica en fósforo, además contiene calcio y altos niveles de vitaminas. Es un alimento equilibrado y de alto rendimiento energético para los animales. Su uso lo limita el sabor a pescado que comunica a la carne y huevos. Además de ser causa de diarreas en las aves.
- Polvillo de arroz. su contenido de lisina y treonina, podría contribuir al crecimiento de las aves.
- Premezclas vitamínicas: premezcla de aditivos que contiene, además de vitaminas y/o micro minerales, aditivos complementarios funcionales como enzimas, promotores de crecimiento, antibióticos, extractos herbales, aminoácidos, fosfatos etc., requeridos por las aves.

Las fórmulas para los cinco tipos de alimento balanceado, que produce este molino, cumplen con las restricciones, determinadas por expertos y la aceptabilidad de las aves. Fueron determinadas empíricamente, pero se asume, que no al menor costo.

Seguidamente se muestran las fórmulas, costos por saco y restricciones.

Tabla 7.

Costo y valor nutricional del alimento inicial para aves actual

INICIO EMPIRICO	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA		
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína (Kilo)	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)	
Maiz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280	19.130	24.49	3,370	644.675	9.40%	1.798	3.80%	0.727	0.03%	0.006	0.29%	0.055	0.00%	0.000	2.60%	0.497	0.00%	0.000	0.00%	0.000	
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052	16.006	32.84	3,320	531.385	46.50%	7.443	1.60%	0.256	0.32%	0.051	0.31%	0.050	0.00%	0.000	3.80%	0.608	2.90%	0.464	0.65%	0.104	
Sorgo Energía y proteína	0.760	4.747	3.61	3,510	166.627	8.80%	0.418	2.80%	0.133	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.142	0.20%	0.009	0.09%	0.004	
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742	2.487	1.85	1,970	48.985	13.00%	0.323	14.80%	0.368	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.154	0.00%	0.000	0.00%	0.000	
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200	0.091	0.56	2,880	2.611	65.00%	0.059	8.00%	0.007	5.50%	0.005	3.00%	0.003	0.20%	0.000	1.00%	0.001	4.00%	0.004	1.80%	0.002	
Afrecho Energía y proteína	0.650	6.406	4.16	1,260	80.717	15.00%	0.961	3.20%	0.205	0.14%	0.009	0.32%	0.020	0.00%	0.000	11.00%	0.705	0.50%	0.032	0.16%	0.010	
Pre mezcla vitamínica Requerimientos de aves	19.029	0.050	0.95	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886	0.615	1.16	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	0.204	21.00%	0.129	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	
Sal común Fuente de sodio	0.343	0.215	0.07	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.085	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750	0.116	0.55	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.116	0.00%	0.000	
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750	0.138	0.66	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.138	
				50.00	S/70.90		1,475		11.002		1.696		0.280		0.288		0.085		2.108		0.625	0.259
Restricciones																						
Mayor que					1450.00		10.000		1.400		0.265		0.240		0.085				0.550		0.240	
Igual a			50.000																			
Menor que											0.275			0.095		3.000						
Harina pescado	≤	4.000	Salubridad																			
Polvillo de arroz	≤	2.500	Salubridad																			
Pre mezcla	=	0.050	Requerimiento																			
Sorgo	≤	5.000	Disponibilidad																			
Sal	≤	0.240																				
	≥	0.215																				

Tabla 8.

Costo y valor nutricional del alimento Crecimiento para aves actual

CRECIMIENTO EMPIRICO	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína (Kilo)	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)
Maiz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280	18.867	24.15	3,370	636	9.40%	1.774	3.80%	0.717	0.03%	0.006	0.29%	0.055	0.00%	0.000	2.60%	0.491	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052	10.988	22.55	3,320	365	46.50%	5.109	1.60%	0.176	0.32%	0.035	0.31%	0.034	0.00%	0.000	3.80%	0.418	2.90%	0.319	0.65%	0.071
Sorgo Energía y proteína	0.760	4.920	3.74	3,510	173	8.80%	0.433	2.80%	0.138	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.148	0.20%	0.010	0.09%	0.004
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742	2.467	1.83	1,970	49	13.00%	0.321	14.80%	0.365	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.153	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200	0.120	0.74	2,880	3	65.00%	0.078	8.00%	0.010	5.50%	0.007	3.00%	0.004	0.20%	0.000	1.00%	0.001	4.00%	0.005	1.80%	0.002
Afrecho Energía y proteína	0.650	10.688	6.95	1,260	135	15.00%	1.603	3.20%	0.342	0.14%	0.015	0.32%	0.034	0.00%	0.000	11.00%	1.176	0.50%	0.053	0.16%	0.017
Pre mezcla vitamínica Requerimientos de aves	19.029	0.050	0.95	-	-	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886	1.380	2.60	-	-	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	0.457	21.00%	0.290	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Sal común Fuente de sodio	0.343	0.201	0.07	-	-	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.080	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750	0.188	0.89	-	-	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.188	0.00%	0.000
Metionina L-MET	4.750	0.133	0.63	-	-	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.133
		50.00	S/65.10		1,360		9.317		1.747		0.525		0.447		0.080		2.385		0.574		0.228
Igual a		50.00																			
Menor que					1400.00					0.525				0.090		3.000					

Harina pescado ≤ 4.00 Salubridad
 Polvillo de arroz ≤ 2.50 Salubridad
 Pre mezcla = 0.05 Requerimiento
 Sorgo ≤ 5.00 Disponibilidad

Tabla 9.

Costo y valor nutricional del alimento Desarrollo para aves actual

DESARROLLO EMPIRICO	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA											
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína (Kilo)	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)										
Maiz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280	24.137	30.89	3.370	813.404	9.40%	2.269	3.80%	0.917	0.03%	0.007	0.29%	0.070	0.00%	0.000	2.60%	0.628	0.00%	0.000	0.00%	0.000										
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052	5.516	11.32	3.320	183.123	46.50%	2.565	1.60%	0.088	0.32%	0.018	0.31%	0.017	0.00%	0.000	3.80%	0.210	2.90%	0.160	0.65%	0.036										
Sorgo Energía y proteína	0.760	4.874	3.70	3.510	171.069	8.80%	0.429	2.80%	0.136	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.146	0.20%	0.010	0.09%	0.004										
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742	2.449	1.82	1.970	48.243	13.00%	0.318	14.80%	0.362	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.152	0.00%	0.000	0.00%	0.000										
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200	0.180	1.12	2.880	5.184	65.00%	0.117	8.00%	0.014	5.50%	0.010	3.00%	0.005	0.20%	0.000	1.00%	0.002	4.00%	0.007	1.80%	0.003										
Afrecho Energía y proteína	0.650	11.030	7.17	1.260	138.977	15.00%	1.654	3.20%	0.353	0.14%	0.015	0.32%	0.035	0.00%	0.000	11.00%	1.213	0.50%	0.055	0.16%	0.018										
Pre mezcla vitamínica Requerimientos de aves	19.029	0.050	0.95	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000										
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886	1.266	2.39	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	0.419	21.00%	0.266	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000										
Sal común Fuente de sodio	0.343	0.188	0.06	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.075	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000										
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750	0.093	0.44	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.093	0.00%	0.000										
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750	0.218	1.04	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.218										
50.00 S/60.90				1,360		7.352		1.872		0.475		0.424		0.075		2.350		0.325		0.279											
Restricciones																															
Mayor que				1360.00		7.250		1.400		0.450		0.185		0.075		0.325		0.170													
Igual a				50.00																											
Menor que				1400.00		0.475		0.085		3.000																					
Harina pescado				≤ 4.00		Salubridad																									
Polvillo de arroz				≤ 2.50		Salubridad																									
Pre mezcla				= 0.05		Requerimiento																									
Sorgo				≤ 5.00		Disponibilidad																									

Tabla 10.

Costo y valor nutricional del alimento Pre Postura para aves actual

PRE POSTURA EMPIRICO	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína (Kilo)	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)
Maiz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280	21.901	28.03	3,370	738.070	9.40%	2.059	3.80%	0.832	0.03%	0.007	0.29%	0.064	0.00%	0.000	2.60%	0.569	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052	11.681	23.97	3,320	387.795	46.50%	5.431	1.60%	0.187	0.32%	0.037	0.31%	0.036	0.00%	0.000	3.80%	0.444	2.90%	0.339	0.65%	0.076
Sorgo Energía y proteína	0.760	4.981	3.79	3,510	174.834	8.80%	0.438	2.80%	0.139	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.149	0.20%	0.010	0.09%	0.004
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742	2.499	1.85	1,970	49.232	13.00%	0.325	14.80%	0.370	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.155	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200	0.006	0.04	2,880	0.170	65.00%	0.004	8.00%	0.000	5.50%	0.000	3.00%	0.000	0.20%	0.000	1.00%	0.000	4.00%	0.000	1.80%	0.000
Afrecho Energía y proteína	0.650	3.960	2.57	1,260	49.901	15.00%	0.594	3.20%	0.127	0.14%	0.006	0.32%	0.013	0.00%	0.000	11.00%	0.436	0.50%	0.020	0.16%	0.006
Pre mezcla vitamínica Requerimientos de aves	19.029	0.050	0.95	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886	2.874	5.42	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	0.951	21.00%	0.604	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Sal común Fuente de sodio	0.343	1.895	0.65	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.750	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750	0.059	0.28	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.059	0.00%	0.000
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750	0.094	0.45	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.094
		50.00	S/68.00		1.400		8.851		1.656		1.007		0.747		0.750		1.753		0.428		0.181
Restricciones																					
Mayor que					1360.00		8.750		1.400		1.000		0.225		0.750				0.425		0.180
Igual a		50.00																			
Menor que																	3.000				
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad								1.025				0.085						
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																		
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																		
Sorgo	≤	5.00	Disponibilidad																		

Tabla 11.

Costo y valor nutricional del alimento Postura para aves actual

POSTURA EMPÍRICA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGÍA		PROTEÍNA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorías /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína (Kilo)	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)
Maiz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280	24.543	31.42	3,370	827.100	9.40%	2.307	3.80%	0.933	0.03%	0.007	0.29%	0.071	0.00%	0.000	2.60%	0.638	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052	7.305	14.99	3,320	242.530	46.50%	3.397	1.60%	0.117	0.32%	0.023	0.31%	0.023	0.00%	0.000	3.80%	0.278	2.90%	0.212	0.65%	0.047
Sorgo Energía y proteína	0.760	4.726	3.59	3,510	165.876	8.80%	0.416	2.80%	0.132	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.142	0.20%	0.009	0.09%	0.004
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742	2.438	1.81	1,970	48.021	13.00%	0.317	14.80%	0.361	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.151	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200	0.337	2.09	2,880	9.704	65.00%	0.219	8.00%	0.027	5.50%	0.019	3.00%	0.010	0.20%	0.001	1.00%	0.003	4.00%	0.013	1.80%	0.006
Afrecho Energía y proteína	0.650	5.299	3.44	1,260	66.769	15.00%	0.795	3.20%	0.170	0.14%	0.007	0.32%	0.017	0.00%	0.000	11.00%	0.583	0.50%	0.026	0.16%	0.008
Pre mezcla vitamínica Requerimientos de aves	19.029	0.050	0.95	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886	4.343	8.19	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	1.438	21.00%	0.912	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Sal común Fuente de sodio	0.343	0.213	0.07	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.084	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750	0.374	1.78	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.374	0.00%	0.000
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750	0.372	1.77	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.372
50.00 S/70.10				1,360		7.451		1.739		1.500		1.063		0.085		1.795		0.636		0.438	
Restricciones																					
Mayor que						1360.00		7.250		1.250		1.500		0.225		0.075		0.425		0.295	
Igual a				50.00																	
Menor que						1400.00						2.000		0.085		3.000					
Harina pescado				≤		4.00		Salubridad													
Polvillo de arroz				≤		2.50		Salubridad													
Pre mezcla				=		0.05		Requerimiento													
Sorgo				≤		5.00		Disponibilidad													

Tabla 12.

Costo y valor nutricional del alimento Final para aves actual

FINAL EMPÍRICO	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGÍA		PROTEÍNA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorías /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína (Kilo)	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)
Maíz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280	23.466	30.04	3,370	790.807	9.40%	2.206	3.80%	0.892	0.03%	0.007	0.29%	0.068	0.00%	0.000	2.60%	0.610	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052	7.851	16.11	3,320	260.647	46.50%	3.651	1.60%	0.126	0.32%	0.025	0.31%	0.024	0.00%	0.000	3.80%	0.298	2.90%	0.228	0.65%	0.051
Sorgo Energía y proteína	0.760	4.709	3.58	3,510	165.296	8.80%	0.414	2.80%	0.132	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.141	0.20%	0.009	0.09%	0.004
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742	2.430	1.80	1,970	47.868	13.00%	0.316	14.80%	0.360	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.151	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200	0.360	2.23	2,880	10.369	65.00%	0.234	8.00%	0.029	5.50%	0.020	3.00%	0.011	0.20%	0.001	1.00%	0.004	4.00%	0.014	1.80%	0.006
Afrecho Energía y proteína	0.650	5.953	3.87	1,260	75.013	15.00%	0.893	3.20%	0.191	0.14%	0.008	0.32%	0.019	0.00%	0.000	11.00%	0.655	0.50%	0.030	0.16%	0.010
Pre mezcla vitamínica Requerimientos de aves	19.029	0.050	0.95	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886	4.332	8.17	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	1.434	21.00%	0.910	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Sal común Fuente de sodio	0.343	0.200	0.07	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.079	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750	0.281	1.33	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.281	0.00%	0.000
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750	0.367	1.75	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.367
50.00 S/69.90				1,350		7.714		1.728		1.500		1.062		0.080		1.859		0.562		0.439	
Restricciones																					
Mayor que				1400.00		7.500		1.250		1.500		0.225		0.070				0.340		0.295	
Igual a				50.00																	
Menor que										2.000				0.080		3.000					
Harina pescado				≤ 4.00		Salubridad															
Polvillo de arroz				≤ 2.50		Salubridad															
Pre mezcla				= 0.05		Requerimiento															
Sorgo				≤ 5.00		Disponibilidad															

Descripción de la causa raíz 2: Deficiente balance de línea

La línea de producción tiene el cuello de botella en la molienda, que es la actividad más lenta. Nominal, 1200 kilos/hora. El maíz y el sorgo, son los únicos granos que se muelen y constituyen el 53.5% de la mezcla. Consecuentemente, la capacidad aparente es, 2,222 Kilos/hora de insumos molidos, listos para continuar con el proceso.



Figura 16. Capacidad de entrega de granos molidos a la mezcladora

Fuente. Elaboración Propia.

La capacidad real de la planta, según este cálculo precedente, es 80 segundos/saco.

La distribución actual de los trabajadores, durante la producción del alimento balanceado, es la siguiente:

Tabla 13.

Operarios por actividad

Actual	Seg/batch de 500 Kg	Seg/saco	Trabajadores actual
Moler maíz y sorgo (53%)	1500	80	1
Dosificar harinas a mezcladora	350	35	1
Mezclando harinas	300	30	1
Embolsado manual	550	55	2
Pesar manual producto terminado	200	20	1
Coser y codificar sacos	165	17	1
Paletizar	184	18	1
		255	8

Descripción de la causa raíz 3: Deficiente planeamiento de abastecimiento

Al no calcular técnicamente los requerimientos, sin tener en cuenta el lead time y el stock mínimo, se incurrió en compras reactivas, más costosas, a suplidores locales de suplementos nutricionales, que se adquieren normalmente del mismo fabricante, ubicado en Lima.

De la misma manera, el manejo empírico de los inventarios, que no observa el *First in, first out* y, compras excesivas, para obtener beneficio en el precio, ocasionó que aparezcan gorgojos en unas bolsas de maíz, que tuvieron que descartarse, previniendo una infestación de grandes proporciones.



Figura 17. Gorgojo

Descripción de la causa raíz 4: Deficiente *layout* del molino

El molino tiene sus equipos anclados al piso, por la fuerte vibración que generan, mientras que los inventarios de granos enteros, granos molidos y productos terminados, han sido ubicados empíricamente.

Los desplazamientos habituales que realizan los operarios, son, para recoger los granos para acercarlos al molino y los otros insumos, para trasladarlos a la mezcladora, donde se prepara el alimento, que es luego embolsado y luego, enviado a su lugar de almacenamiento temporal, desde donde lo transportan a los vehículos de los clientes, utilizando la carretilla hidráulica o el montacargas Toyota, según la magnitud del despacho.

Este *layout* actual, ocasiona largas caminatas y continuos cruces - como se aprecia en la siguiente figura - que podrían causar accidentes, además de pérdida de tiempo.

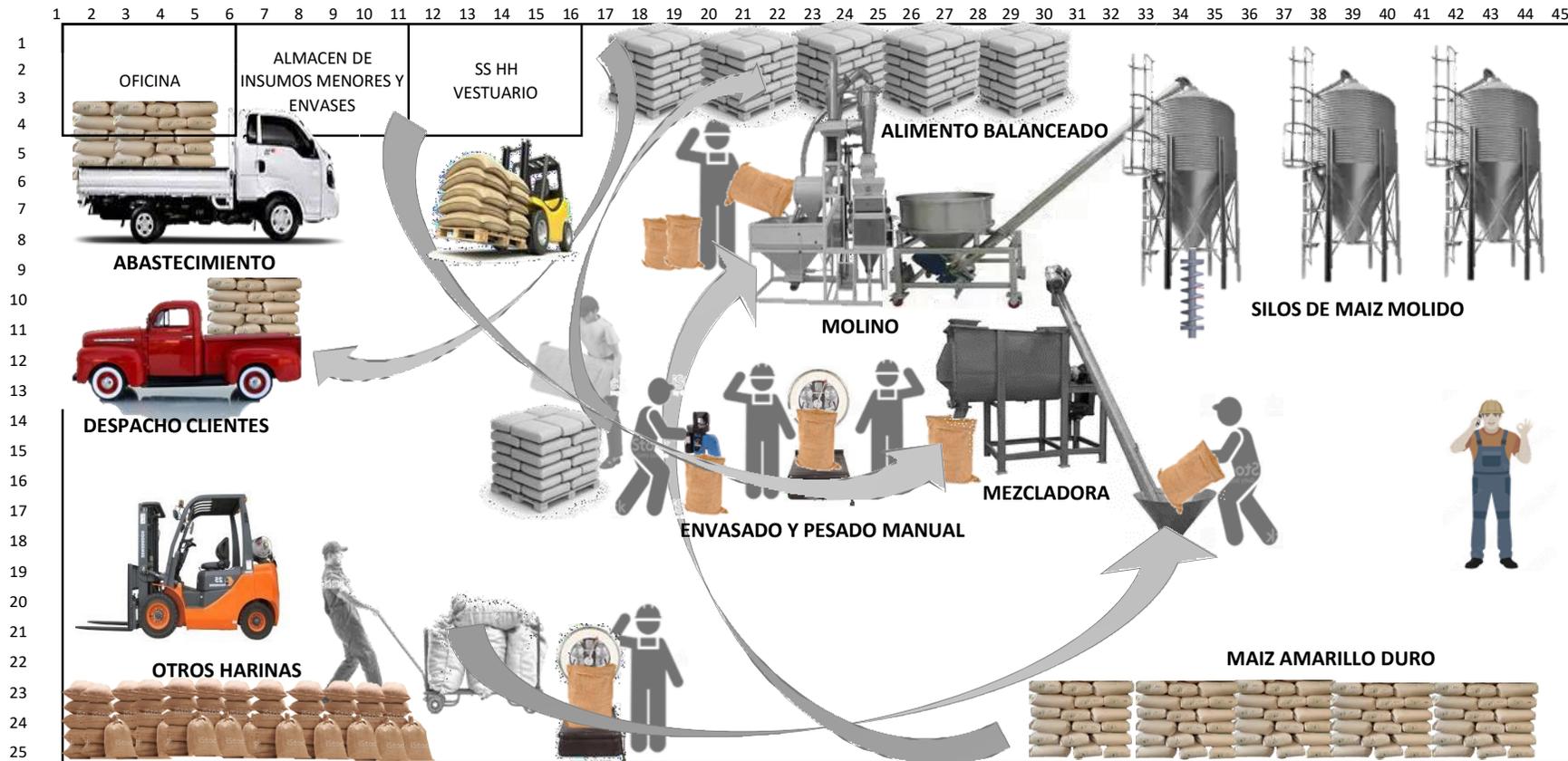


Figura 18. Layout actual del molino

Monetización de pérdidas

Monetización de la Causa Raíz 1: Deficiente balance nutricional

Las fórmulas actuales, cumplen con todas las restricciones nutricionales actuales, determinadas por expertos y la aceptabilidad de las aves.

Se evaluará otras alternativas de fórmula, que siga cumpliendo con lo exigido, pero a un menor costo, que, al mantenerse constante el precio de venta, determinaría un incremento en la rentabilidad para el molino.

Tabla 14.

Costo actual de los diferentes tipos de alimento balanceado

	Sacos venta anual	Costos por sacco					Ganancia unitaria		Valor venta		Precio venta	
		Costo insumos	Costo de envase	Mano de obra	Costos indirectos	Costo de producción	Ganancia unitaria	Total ganancia por tipo	Valor vta unit	Total valor vta	Precio de venta unit	Total precio venta
Inicio	15,500	69.40	1.30	1.20	4.52	76.42	10.70	165,824	87.12	1,350,283	102.80	1,593,334
Crecimiento	17,200	65.10	1.30	1.20	4.52	72.12	10.10	173,657	82.21	1,414,063	97.01	1,668,594
Desarrollo	20,600	60.90	1.30	1.20	4.52	67.92	9.51	195,872	77.42	1,594,954	91.36	1,882,046
Pre postura	14,200	68.00	1.30	1.20	4.52	75.02	10.50	149,133	85.52	1,214,370	100.91	1,432,957
Postura	11,040	70.10	1.30	1.20	4.52	77.12	10.80	119,191	87.91	970,559	103.74	1,145,260
Final	7,300	69.90	1.30	1.20	4.52	76.92	10.77	78,609	87.68	640,100	103.47	755,318
								S/ 882,286		S/ 7,184,329		S/ 8,477,508

Se observa que la ganancia anual, fue S/882,286, equivalente al 12.3% del total a valor venta.

Monetización de la causa raíz 2: Deficiente balance de línea

Seguidamente se muestra el costo de planilla actual de mano de obra directa, con la línea sin estar balanceada técnicamente.

Tabla 15.

Costo actual de los diferentes tipos de alimento balanceado

Remuneracion				
		Mes	Total	Hora
Molinero	1	2,500.00	2,500.00	10.42
Operarios	8	1,200.00	9,600.00	40.00
Total planilla	9	S/ 3,700.00	S/ 12,100.00	
Costo/H-H promedio	S/	6.72		

El costo actual de la hora-hombre de mano de obra directa es S/6.72

Seguidamente se muestra los insumos consumidos durante el año.

Tabla 16.

Costo de insumos en el año

Insumo	Costo por kilo		Tons		Costo anual
			/año		
Maiz amarillo duro	S/	1.28	1,871	S/	2,395,049
Torta de Soya	S/	2.05	799	S/	1,640,164
Sorgo	S/	0.76	427	S/	324,579
Polvillo de arroz	S/	0.74	214	S/	158,853
Harina de pescado	S/	6.20	3	S/	16,295
Afrecho	S/	0.65	729	S/	473,923
Pre mezcla vitamínica	S/	19.03	4	S/	81,672
Fosfato di-cálcico	S/	1.89	179	S/	338,481
Sal común	S/	0.34	41	S/	14,114
Lisina HCL	S/	4.75	11	S/	51,610
Metionina L-MET	S/	4.75	13	S/	61,198
Total			4,292	S/	5,555,941

Se invirtieron S/5'555,941 en materiales. Se tiene registro que se dio de baja a 1,600 kilos de maíz amarillo, por estar infestado de gorgojos. El importe de este descarte fue, S/2,048. El 0.037% del total de lo comprado.

Además, se tuvo que recurrir a las siguientes compras reactivas, para subsanar las roturas de stock.

Tabla 17.

Compras reactivas

Insumo	Kilos	Costo/Kilo		Sobrecosto reactivo
		Std	Reactivo	
Metionina L-MET	500	S/ 4.75	S/ 5.50	S/ 375
Lisina	500	S/ 4.75	S/ 5.50	S/ 375
Premix	600	S/ 19.03	S/ 25.00	S/ 3,583
Total sobrecosto				S/ 4,333

Las compras reactivas, de suplementos nutricionales, ascendió a S/4,333

Monetización de la causa raíz 4: Deficiente *layout* del molino

Adjuntamos la matriz de frecuencias de desplazamientos entre áreas o máquinas y la distancia entre ellas. Se asume que la caminata promedio es a 1.5 Km/hora.

Tabla 18.

Matriz de desplazamientos, frecuencias y distancias actual

LAYOUT Y DESPLAZAMIENTOS ACTUALES	SILOS DE MAIZ		ALMACEN DE INSUMOS MENORES Y ENVASES		UBICACIÓN DEL STOCK DE MAIZ		UBICACIÓN DEL STOCK DE OTRAS HARINAS		MOLINO		MEZCLADORA		ENVASADO, PESADO Y CODIFICADO MANUAL		COSIDO DE SACO (FISHBEN)		UBICACIÓN DEL STOCK DE PRODUCTO TERMINADO		ZONA DE DESPACHO A CLIENTES		DISTANCIA RECORRIDA EN EL DIA (Metros)	
	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA MENSUAL	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA MENSUAL	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA MENSUAL	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA MENSUAL	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA MENSUAL	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA MENSUAL	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA MENSUAL	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA MENSUAL	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA MENSUAL	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA MENSUAL		
SILOS DE MAIZ MOLIDO									0	0	ALIMENTADO POR REDLER											
ALMACEN DE INSUMOS MENORES Y ENVASES											24	2									48	
UBICACIÓN DEL STOCK DE MAIZ									5	9											46	
UBICACIÓN DEL STOCK DE OTRAS HARINAS											30	4									127	
MOLINO DE MAIZ Y SORGO											ALIMENTADO POR GUSANO											
MEZCLADORA															1	160					160	
ENVASADO, PESADO Y CODIFICADO MANUAL																						
COSIDO DE SACO																		6	9		55	
UBICACIÓN DEL STOCK DE PRODUCTO TERMINADO																				15	20	300
ZONA DE DESPACHO A CLIENTES																						736
HORAS - HOMBRE ANUALES EN CAMINATA A 1.5																					147	

Se observa que, en el año, se emplearon 147.2 horas-hombre en desplazamientos, que con el costo actual de hora-hombre de S6.72, significa un gasto de S/989.

No se consideró en esta tesis, el estimado de horas-hombre, perdidas por accidentes, por el *layout* incómodo.

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 1: Deficiente balance nutricional

Las fórmulas actuales, cumplen las restricciones nutricionales establecidas, pero, se presume que no al menor costo posible. Por ello, se procederá a minimizarlo, considerando las restricciones nutricionales vigentes.

Para ello, se utilizará el *Solver*, en cada una de las fórmulas.

INICIO PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorías /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)
Maiz amarillo duro Rico en grasa Engorde	1.280			3.370		9.40%		3.80%		0.03%		0.29%		0.00%		2.60%		0.00%		0.00%	
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052			3.320		46.50%		1.60%		0.32%		0.31%		0.00%		3.80%		2.90%		0.65%	
Sorgo Energía y proteína	0.760			3.510		8.80%		2.80%		0.04%		0.10%		0.00%		3.00%		0.20%		0.09%	
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742			1.970		13.00%		14.80%		0.16%		1.05%		0.00%		6.20%		0.00%		0.00%	
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200			2.880		65.00%		8.00%		5.50%		3.00%		0.20%		1.00%		4.00%		1.80%	
Afrecho Energía y proteína	0.650			1.260		15.00%		3.20%		0.14%		0.32%		0.00%		11.00%		0.50%		0.16%	
Pre mezcla vitamínica	#####			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886			-		0.00%		0.00%		33.10%		21.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	
Sal común Fuente de sodio	0.343			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		39.60%		0.00%		0.00%		0.00%	
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		100.00%		0.00%	
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		100.00%	
0.240																					
Restricciones																					
Mayor que				1450.00		10.000		1.400		0.265		0.240		0.085				0.550		0.240	
Igual a	50.00																				
Menor que				1475.00						0.275				0.095		3.000					
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad																		
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																		
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																		
Sorgo	≤	5.00	Disponibilidad																		

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: Máx Min Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

SV\$15 >= SV\$17
 SC\$15 = SC\$18
 SC\$10 = SC\$23
 ST\$15 >= SL\$19
 SR\$15 <= SR\$19
 SP\$15 >= SP\$17
 SN\$15 >= SN\$17
 ST\$15 >= ST\$17
 SC\$7 <= SC\$22
 SL\$15 <= SL\$17
 SP\$15 <= SP\$19
 SL\$15 >= SL\$17
 SJ\$15 >= SJ\$17

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Figura 19. Minimización del costo de la fórmula del alimento inicial con Solver

INICIO PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)
Maiz amarillo duro rico en grasa. Engorde	1.280	20.428	26.15	3.370	688.430	9.40%	1.920	3.80%	0.776	0.03%	0.006	0.29%	0.059	0.00%	0.000	2.60%	0.531	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Torta de Soya fuente de proteína	2.052	13.246	27.18	3.320	439.751	46.50%	6.159	1.60%	0.212	0.32%	0.042	0.31%	0.041	0.00%	0.000	3.80%	0.503	2.90%	0.384	0.65%	0.086
Orgo energía y proteína	0.760	5.000	3.80	3.510	175.500	8.80%	0.440	2.80%	0.140	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.150	0.20%	0.010	0.09%	0.005
Polvillo de arroz energía y proteína	0.742	2.500	1.86	1.970	49.250	13.00%	0.325	14.80%	0.370	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.155	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Harina de pescado proteína y grasa	6.200	-	-	2.880	0.000	65.00%	0.000	8.00%	0.000	5.50%	0.000	3.00%	0.000	0.20%	0.000	1.00%	0.000	4.00%	0.000	1.80%	0.000
Frecho energía y proteína	0.650	7.704	5.01	1.260	97.069	15.00%	1.156	3.20%	0.247	0.14%	0.011	0.32%	0.025	0.00%	0.000	11.00%	0.847	0.50%	0.039	0.16%	0.012
Pre mezcla vitamínica	19.029	0.050	0.95	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Fosfato di-cálcico fuente de calcio y fósforo	1.886	0.603	1.14	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	0.200	21.00%	0.127	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Sal común fuente de sodio	0.343	0.215	0.07	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.085	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Lisina HCL para el crecimiento	4.750	0.117	0.56	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.117	0.00%	0.000
Metionina L-MET para síntesis de proteína.	4.750	0.137	0.65	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.137
50.00 S/67.36				1.450	10.000	1.745	0.265	0.283	0.085	2.187	0.550	0.240									
Restricciones																					
Mayor que				1450.00	10.000	1.400	0.265	0.240	0.085									0.550	0.240		
Igual a	50.00																				
Menor que				1475.00			0.275		0.095	3.000											
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad																		
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																		
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																		
Orgo	≤	5.00	Disponibilidad																		

Resultados de Solver

Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

Conservar solución de Solver
 Restaurar valores originales

Informes

Figura 20. Fórmula de alimento inicial con costo óptimo

CRECIMIENTO PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA		
				Calorias /kilo	Total kilo-cal	%	Proteína (kilo)	%	Grasa (kilo)	%	Calcio (kilo)	%	Fósforo (kilo)	%	Sodio (kilo)	%	Fibra (kilo)	%	Lisina (kilo)	%	Metionina (kilo)	
Maiz amarillo duro rico en grasa. Engorde	1.280			3.370		9.40%		3.80%		0.03%		0.29%		0.00%		2.60%		0.00%		0.00%		
Orta de Soya fuente de proteína	2.052			3.320		46.50%		1.60%		0.32%		0.31%		0.00%		3.80%		2.90%		0.65%		
Orgo energía y proteína	0.760			3.510		8.80%		2.80%		0.04%		0.10%		0.00%		3.00%		0.20%		0.09%		
Polvillo de arroz energía y proteína	0.742			1.970		13.00%		14.80%		0.16%		1.05%		0.00%		6.20%		0.00%		0.00%		
Harina de pescado proteína y grasa	6.200			2.880		65.00%		8.00%		5.50%		3.00%		0.20%		1.00%		4.00%		1.80%		
Afrecho energía y proteína	0.650			1.260		15.00%		3.20%		0.14%		0.32%		0.00%	#####			0.50%		0.16%		
Pre mezcla vitamínica requerimientos de aves	19.029			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		
Fosfato di-cálcico fuente de calcio y fósforo	1.886			-		0.00%		0.00%		33.10%		21.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		
Sal común fuente de sodio	0.343			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		39.60%		0.00%		0.00%		0.00%		
Lisina HCL para el crecimiento	4.750			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		100.00%		0.00%		
Metionina L-MET para síntesis de proteína.	4.750			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		100.00%		
Restricciones																						
Mayor que				1360.00		9.250		1.400		0.500		0.225		0.080				0.500		0.200		
Igual a	50.00			1400.00																		
Menor que										0.525				0.090		3.000						
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad																			
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																			
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																			
Orgo	≤	5.00	Disponibilidad																			

Parámetros de Solver

Establecer objetivo: ↑

Para: Máx Min Valor de:

Cambiando las celdas de variables: ↑

Sujeto a las restricciones:

ST\$14 >= ST\$16
 SN\$14 >= SN\$16
 SP\$14 >= SP\$16
 SR\$14 <= SR\$18
 SV\$14 >= SV\$16
 SL\$14 <= SL\$18
 LS\$14 >= LS\$16
 SP\$14 <= SP\$18
 SC\$9 = SC\$47
 SJ\$14 >= SJ\$16
 SF\$14 >= SF\$16
 SH\$14 >= SH\$16
 SC\$14 = SC\$17

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución: Opciones

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Figura 21. Minimización del costo de la fórmula del alimento Crecimiento con Solver

CRECIMIENTO PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína (Kilo)	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)
Maiz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280	18.851	24.13	3,370	635	9.40%	1.772	3.80%	0.716	0.03%	0.006	0.29%	0.055	0.00%	0.000	2.60%	0.490	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052	10.908	22.38	3,320	362	46.50%	5.072	1.60%	0.175	0.32%	0.035	0.31%	0.034	0.00%	0.000	3.80%	0.414	2.90%	0.316	0.65%	0.071
Sorgo Energía y proteína	0.760	5.000	3.80	3,510	176	8.80%	0.440	2.80%	0.140	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.150	0.20%	0.010	0.09%	0.005
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742	2.500	1.86	1,970	49	13.00%	0.325	14.80%	0.370	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.155	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200	-	-	2,880	-	65.00%	0.000	8.00%	0.000	5.50%	0.000	3.00%	0.000	0.20%	0.000	1.00%	0.000	4.00%	0.000	1.80%	0.000
Afrecho Energía y proteína	0.650	10.940	7.11	1,260	138	15.00%	1.641	3.20%	0.350	0.14%	0.015	0.32%	0.035	0.00%	0.000	11.00%	1.203	0.50%	0.055	0.16%	0.018
Pre mezcla vitamínica Requerimientos de aves	19.029	0.050	0.95	-	-	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886	1.324	2.50	-	-	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	0.438	21.00%	0.278	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Sal común Fuente de sodio	0.343	0.202	0.07	-	-	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.080	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750	0.119	0.57	-	-	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.119	0.00%	0.000
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750	0.107	0.51	-	-	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.107
Restricciones			50.00	S/63.87		1,360	9,250		1,751		0,500		0,433		0,080		2,413		0,500		0,200
Mayor que						1360.00	9.250		1.400		0.500		0.225		0.080				0.500		0.200
Igual a			50.00																		
Menor que						1400.00					0.525				0.090		3.000				
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad																		
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																		
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																		
Sorgo	≤	5.00	Disponibilidad																		

Resultados de Solver

Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

Conservar solución de Solver
 Restaurar valores originales

Informes
 Responder
 Sensibilidad
 Límites

Volver al cuadro de diálogo de parámetros de

Figura 22. Fórmula del alimento Crecimiento con costo óptimo

DESARROLLO PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína	%	Grasa (kilo)	%	Calcio (kilo)	%	Fósforo (kilo)	%	Sodio (kilo)	%	Fibra (kilo)	%	Lisina (kilo)	%	Metionina (kilo)
Maiz amarillo duro	1.280			3.370		9.40%		3.80%		0.03%		0.29%		0.00%		2.60%		0.00%		0.00%	
Rico en grasa. Engorde																					
Torta de Soya	2.052			3.320		46.50%		1.60%		0.32%		0.31%		0.00%		3.80%		2.90%		0.65%	
Fuente de proteína																					
Sorgo	0.760			3.510		8.80%		2.80%		0.04%		0.10%		0.00%		3.00%		0.20%		0.09%	
Energía y proteína																					
Polvillo de arroz	0.742			1.970		13.00%		14.80%		0.16%		1.05%		0.00%		6.20%		0.00%		0.00%	
Energía y proteína																					
Harina de pescado	6.200			2.880		65.00%		8.00%		5.50%		3.00%		0.20%		1.00%		4.00%		1.80%	
Proteína y grasa																					
Afrecho	0.650			1.260		15.00%		3.20%		0.14%		0.32%		0.00%		11.00%		0.50%		0.16%	
Energía y proteína																					
Pre mezcla vitamínica	#####			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	
Requerimientos de aves																					
Fosfato di-cálcico	1.886			-		0.00%		0.00%		#####		21.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	
Fuente de calcio y fósforo																					
Sal común	0.343			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		39.60%		0.00%		0.00%		0.00%	
Fuente de sodio																					
Lisina HCL	4.750			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		100.00%		0.00%	
Para el crecimiento																					
Metionina L-MET	4.750			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		100.00%	
Para síntesis de proteína.																					
Restricciones				50.00																	0.170
Mayor que						1360.00		7.250		1.400		0.450		0.185		0.075				0.325	0.170
Igual a				50.00																	
Menor que						1400.00						0.475				0.085		3.000			
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad																		
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																		
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																		
Sorgo	≤	5.00	Disponibilidad																		

Parámetros de Solver

Establecer objetivo: ↑

Para: Máx Min Valor de:

Cambiando las celdas de variables: ↑

Sujeto a las restricciones:

SCS10 = SCS23
SCS6 <= SCS24
SCS7 <= SCS22
SCS8 = SCS21
SCS15 = SCS18
SFS15 >= SFS17
SHS15 >= SHS17
SFS15 <= SFS19
SLS15 >= SLS17
SLS15 <= SLS19
SPS15 >= SPS17
SRS15 <= SRS19
SNS15 >= SNS17

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución: Opciones

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Figura 23. Minimización del costo de la fórmula del alimento Desarrollo con Solver

DESARROLLO PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)
Maiz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280	24.118	30.87	3.370	812.785	9.40%	2.267	3.80%	0.916	0.03%	0.007	0.29%	0.070	0.00%	0.000	2.60%	0.627	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052	5.433	11.15	3.320	180.377	46.50%	2.526	1.60%	0.087	0.32%	0.017	0.31%	0.017	0.00%	0.000	3.80%	0.206	2.90%	0.158	0.65%	0.035
Sorgo Energía y proteína	0.760	5.000	3.80	3.510	175.500	8.80%	0.440	2.80%	0.140	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.150	0.20%	0.010	0.09%	0.005
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742	2.500	1.86	1.970	49.250	13.00%	0.325	14.80%	0.370	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.155	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200	-	-	2.880	0.000	65.00%	0.000	8.00%	0.000	5.50%	0.000	3.00%	0.000	0.20%	0.000	1.00%	0.000	4.00%	0.000	1.80%	0.000
Afrecho Energía y proteína	0.650	11.277	7.33	1.260	142.088	15.00%	1.692	3.20%	0.361	0.14%	0.016	0.32%	0.036	0.00%	0.000	11.00%	1.240	0.50%	0.056	0.16%	0.018
Pre mezcla vitamínica Requerimientos de aves	19.029	0.050	0.95	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886	1.219	2.30	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	0.404	21.00%	0.256	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Sal común Fuente de sodio	0.343	0.189	0.06	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.075	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750	0.101	0.48	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.101	0.00%	0.000
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750	0.112	0.53	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.112
Restricciones	50.00	S/59.33		1.360	7.250		1.874		0.450		0.410		0.075		2.379		0.325		0.170		
Mayor que				1360.00	7.250		1.400		0.450		0.185		0.075				0.325		0.170		
Igual a	50.00																				
Menor que				1400.00						0.475			0.085		3.000						
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad																		
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																		
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																		
Sorgo	≤	5.00	Disponibilidad																		

Resultados de Solver

Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

Conservar solución de Solver
 Restaurar valores originales

Informes
 Responder
 Sensibilidad
 Límites

Figura 24. Fórmula de alimento Desarrollo con costo óptimo

PRE POSTURA PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteín a %	%	Grasa (kilo)	%	Calcio (kilo)	%	Fósforo (kilo)	%	Sodio (kilo)	%	Fibra (kilo)	%	Lisina (kilo)	%	Metionina (kilo)
Maiz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280			3.370		9.40%	3.80%		0.03%	0.29%		0.00%		2.60%		0.00%					
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052			3.320		46.50%	1.60%		0.32%	0.31%		0.00%		3.80%		2.90%					
Sorgo Energía y proteína	0.760			3.510		8.80%	2.80%		0.04%	0.10%		0.00%		3.00%		0.20%					
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742			1.970		13.00%	14.80%		0.16%	1.05%		0.00%		6.20%		0.00%					
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200			2.880		65.00%	8.00%		5.50%	3.00%		0.20%		1.00%		4.00%					
Afrecho Energía y proteína	0.650			1.260		15.00%	3.20%		0.14%	0.32%		0.00%		#####		0.50%					
Pre mezcla vitamínica	#####			-		0.00%	0.00%		0.00%	0.00%		0.00%		0.00%		0.00%					
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886			-		0.00%	0.00%		33.10%	21.00%		0.00%		0.00%		0.00%					
Sal común Fuente de sodio	0.343			-		0.00%	0.00%		0.00%	0.00%		39.60%		0.00%		0.00%					
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750			-		0.00%	0.00%		0.00%	0.00%		0.00%		0.00%		100.00%					
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750			-		0.00%	0.00%		0.00%	0.00%		0.00%		0.00%		0.00%					
Restricciones			50.00																		
Mayor que			50.00		1360.00		8.750		1.400	1.000		0.225		0.750				0.425		0.180	
Igual a																					
Menor que																	3.000				
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad							1.025				0.085							
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																		
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																		
Sorgo	≤	5.00	Disponibilidad																		

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: Máx Mín Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

SJS15 >= SJS17
SVS15 >= SVS17
SFS15 <= SXS19
SHS15 >= SHS17
SLS15 <= SLS21
SLS15 >= SLS17
SNS15 >= SNS17
SPS15 >= SPS17
SFS15 >= SFS17
SPS21 <= SPS21
STS15 <= STS17
SR\$15 <= SR\$19
SC\$15 = SC\$18

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Método de resolución
Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Figura 25. Minimización del costo de la fórmula del alimento Pre Postura con Solver

PRE POSTURA PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)
Maiz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280	20.526	26.27	3,370	691.743	9.40%	1.929	3.80%	0.780	0.03%	0.006	0.29%	0.060	0.00%	0.000	2.60%	0.534	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052	11.119	22.82	3,320	369.141	46.50%	5.170	1.60%	0.178	0.32%	0.036	0.31%	0.034	0.00%	0.000	3.80%	0.423	2.90%	0.322	0.65%	0.072
Sorgo Energía y proteína	0.760	5.000	3.80	3,510	175.500	8.80%	0.440	2.80%	0.140	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.150	0.20%	0.010	0.09%	0.005
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742	2.500	1.86	1,970	49.250	13.00%	0.325	14.80%	0.370	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.155	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200	-	-	2,880	0.000	65.00%	0.000	8.00%	0.000	5.50%	0.000	3.00%	0.000	0.20%	0.000	1.00%	0.000	4.00%	0.000	1.80%	0.000
Afrecho Energía y proteína	0.650	5.902	3.84	1,260	74.366	15.00%	0.885	3.20%	0.189	0.14%	0.008	0.32%	0.019	0.00%	0.000	11.00%	0.649	0.50%	0.030	0.16%	0.009
Pre mezcla vitamínica	19.029	0.050	0.95	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886	2.852	5.38	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	0.944	21.00%	0.599	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Sal común Fuente de sodio	0.343	1.894	0.65	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.750	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750	0.063	0.30	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.063	0.00%	0.000
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750	0.094	0.45	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.094
Restricciones		50.00	S/66.31		1,360		8,750		1,657		1,000		0,743		0,750		1,910		0,425		0,180
Mayor que					1360.00		8.750		1.400		1.000		0.225		0.750				0.425		0.180
Igual a		50.00																			
Menor que											1.025			0.085		3.000					
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad																		
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																		
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																		
Sorgo	≤	5.00	Disponibilidad																		

Resultados de Solver

Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

Conservar solución de Solver
 Restaurar valores originales

Informes
 Responder
 Sensibilidad
 Límites

Figura 26. Fórmula de alimento Pre Postura con costo óptimo

POSTURA PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA		
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína (kilo)	%	Grasa (kilo)	%	Calcio (kilo)	%	Fósforo (kilo)	%	Sodio (kilo)	%	Fibra (kilo)	%	Lisina (kilo)	%	Metionina (kilo)	%
Maiz amarillo duro rico en grasa. Engorde	1.280			3.370		9.40%		3.80%		0.03%		0.29%		0.00%		2.60%		0.00%		0.00%		
Torta de Soya fuente de proteína	2.052			3.320		46.50%		1.60%		0.32%		0.31%		0.00%		3.80%		2.90%		0.65%		
Porgo energía y proteína	0.760			3.510		8.80%		2.80%		0.04%		0.10%		0.00%		3.00%		0.20%		0.09%		
Polvillo de arroz energía y proteína	0.742			1.970		13.00%		14.80%		0.16%		1.05%		0.00%		6.20%		0.00%		0.00%		
Harina de pescado proteína y grasa	6.200			2.880		65.00%		8.00%		5.50%		3.00%		0.20%		1.00%		4.00%		1.80%		
Afrecho energía y proteína	0.650			1.260		15.00%		3.20%		0.14%		0.32%		0.00%		11.00%		0.50%		0.16%		
Pre mezcla vitamínica Requerimientos de aves	19.029			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		
Fosfato di-cálcico fuente de calcio y fósforo	1.886			-		0.00%		0.00%		33.10%		21.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		
Sal común fuente de sodio	0.343			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		39.60%		0.00%		0.00%		0.00%		
Lisina HCL para el crecimiento	4.750			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		100.00%		0.00%		
Metionina L-MET para síntesis de proteína.	4.750			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		100.00%		
Restricciones			50.00																0.425			
Mayor que igual a		50.00			1360.00		7.250		1.250		1.500		0.225		0.075				0.425		0.295	
Menor que					1400.00						2.000				0.085		3.000					
Harina pescado	≤	4.00																				Salubridad
Polvillo de arroz	≤	2.50																				Salubridad
Pre mezcla	=	0.05																				Requerimiento
Porgo	≤	5.00																				Disponibilidad

Parámetros de Solver

Establecer objetivo: ↑

Para: Máx Min Valor de:

Cambiando las celdas de variables: ↑

Sujeto a las restricciones:

- SFS15 <= SFS19
- SHS15 >= SHS17
- SLS15 <= SLS19
- SLS15 >= SLS17
- SNS15 >= SNS17
- SFS15 <= SFS19
- SFS15 >= SFS17
- SPS15 >= SPS17
- STS15 <= STS17
- SRS15 >= SRS19
- SJS15 >= SJS17
- SCS10 = SCS23

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución: Opciones

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Ayuda Resolver Cerrar

Figura 27. Minimización del costo de la fórmula del alimento Postura con Solver

POSTURA PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína (Kilo)	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)
Maiz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280	24.499	31.36	3.370	825.622	9.40%	2.303	3.80%	0.931	0.03%	0.007	0.29%	0.071	0.00%	0.000	2.60%	0.637	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052	7.110	14.59	3.320	236.061	46.50%	3.306	1.60%	0.114	0.32%	0.023	0.31%	0.022	0.00%	0.000	3.80%	0.270	2.90%	0.206	0.65%	0.046
Sorgo Energía y proteína	0.760	5.000	3.80	3.510	175.500	8.80%	0.440	2.80%	0.140	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.150	0.20%	0.010	0.09%	0.005
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742	2.500	1.86	1.970	49.250	13.00%	0.325	14.80%	0.370	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.155	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200	-	-	2.880	0.000	65.00%	0.000	8.00%	0.000	5.50%	0.000	3.00%	0.000	0.20%	0.000	1.00%	0.000	4.00%	0.000	1.80%	0.000
Afrecho Energía y proteína	0.650	5.839	3.80	1.260	73.567	15.00%	0.876	3.20%	0.187	0.14%	0.008	0.32%	0.019	0.00%	0.000	11.00%	0.642	0.50%	0.029	0.16%	0.009
Pre mezcla vitamínica Requerimientos de aves	19.029	0.050	0.95	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886	4.398	8.29	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	1.456	21.00%	0.924	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Sal común Fuente de sodio	0.343	0.189	0.06	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.075	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750	0.180	0.85	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.180	0.00%	0.000
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750	0.235	1.12	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.235
Restricciones			50.00	S/66.68		1.360	7.250		1.742		1.500		1.067		0.075		1.854		0.425		0.295
Mayor que					1360.00		7.250		1.250		1.500		0.225		0.075				0.425		0.295
Igual a		50.00																			
Menor que					1400.00						2.000				0.085		3.000				
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad																		
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																		
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																		
Sorgo	≤	5.00	Disponibilidad																		

Resultados de Solver

Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

Conservar solución de Solver
 Restaurar valores originales

Informes
 Responder
 Sensibilidad
 Límites

Figura 28. Fórmula de alimento Postura con costo óptimo

FINAL PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorías /kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína	%	Grasa (kilo)	%	Calcio (kilo)	%	Fósforo (kilo)	%	Sodio (kilo)	%	Fibra (kilo)	%	Lisina (kilo)	%	Metionina (kilo)
Maiz amarillo duro Rico en grasa Engorde	1.280			3.370		9.40%		3.80%		0.03%		0.29%		0.00%		2.60%		0.00%		0.00%	0.000
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052			3.320		46.50%		1.60%		0.32%		0.31%		0.00%		3.80%		2.90%		0.65%	
Sorgo Energía y proteína	0.760			3.510		8.80%		2.80%		0.04%		0.10%		0.00%		3.00%		0.20%		0.09%	
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742			1.970		13.00%		14.80%		0.16%		1.05%		0.00%		6.20%		0.00%		0.00%	
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200			2.880		65.00%		8.00%		5.50%		3.00%		0.20%		1.00%		4.00%		1.80%	
Afrecho Energía y proteína	0.650			1.260		15.00%		3.20%		0.14%		0.32%		0.00%		11.00%		0.50%		0.16%	
Pre mezcla vitamínica	19.029			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886			-		0.00%		0.00%		33.10%		21.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	
Sal común Fuente de sodio	0.343			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		39.60%		0.00%		0.00%		0.00%	
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		100.00%		0.00%	
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750			-		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		100.00%	
50.00																					
Restricciones																					
Mayor que				1400.00		7.500		1.250		1.500		0.225		0.070				0.340		0.295	
Igual a	50.00																				
Menor que										2.000				0.080		3.000					
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad																		
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																		
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																		
Sorgo	≤	5.00	Disponibilidad																		

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: Máx Min Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

SV\$15 >= SV\$17
 SJ\$15 >= SJ\$17
 SR\$15 <= SR\$19
 ST\$15 >= ST\$17
 SP\$15 >= SP\$17
 SP\$15 <= SP\$19
 SN\$15 >= SN\$17
 SL\$15 <= SL\$17
 SL\$15 <= SL\$19
 SF\$15 <= SF\$17
 SF\$15 >= SF\$19
 SH\$15 >= SH\$17
 SC\$15 = SC\$18

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Figura 29. Minimización del costo de la fórmula del alimento Final con Solver

FINAL PROPUESTA	Costo/Kg	Fórmula	Costo fórmula	ENERGIA		PROTEINA		GRASA		CALCIO		FÓSFORO		SODIO		FIBRA		LISINA		METIONINA	
				Calorias /Kilo	Total Kilo-cal	%	Proteína	%	Grasa (Kilo)	%	Calcio (Kilo)	%	Fósforo (Kilo)	%	Sodio (Kilo)	%	Fibra (Kilo)	%	Lisina (Kilo)	%	Metionina (Kilo)
Maiz amarillo duro Rico en grasa. Engorde	1.280	23.421	29.98	3,370	789.275	9.40%	2.202	3.80%	0.890	0.03%	0.007	0.29%	0.068	0.00%	0.000	2.60%	0.609	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Torta de Soya Fuente de proteína	2.052	7.651	15.70	3,320	254.016	46.50%	3.558	1.60%	0.122	0.32%	0.024	0.31%	0.024	0.00%	0.000	3.80%	0.291	2.90%	0.222	0.65%	0.050
Sorgo Energía y proteína	0.760	5.000	3.80	3,510	175.500	8.80%	0.440	2.80%	0.140	0.04%	0.002	0.10%	0.005	0.00%	0.000	3.00%	0.150	0.20%	0.010	0.09%	0.005
Polvillo de arroz Energía y proteína	0.742	2.500	1.86	1,970	49.250	13.00%	0.325	14.80%	0.370	0.16%	0.004	1.05%	0.026	0.00%	0.000	6.20%	0.155	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Harina de pescado Proteína y grasa	6.200	-	-	2,880	0.000	65.00%	0.000	8.00%	0.000	5.50%	0.000	3.00%	0.000	0.20%	0.000	1.00%	0.000	4.00%	0.000	1.80%	0.000
Afrecho Energía y proteína	0.650	6.505	4.23	1,260	81.959	15.00%	0.976	3.20%	0.208	0.14%	0.009	0.32%	0.021	0.00%	0.000	11.00%	0.716	0.50%	0.033	0.16%	0.010
Pre mezcla vitamínica	19.029	0.050	0.95	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Fosfato di-cálcico Fuente de calcio y fósforo	1.886	4.391	8.28	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	33.10%	1.453	21.00%	0.922	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Sal común Fuente de sodio	0.343	0.177	0.06	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	39.60%	0.070	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000
Lisina HCL Para el crecimiento	4.750	0.076	0.36	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.076	0.00%	0.000
Metionina L-MET Para síntesis de proteína.	4.750	0.230	1.09	-	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	100.00%	0.230
Restricciones	50.00	S/66.31			1.350		7.500		1.731		1.500		1.066		0.070		1.920		0.340		0.295
Mayor que					1400.00		7.500		1.250		1.500		0.225		0.070				0.340		0.295
Igual a	50.00																				
Menor que											2.000				0.080		3.000				
Harina pescado	≤	4.00	Salubridad																		
Polvillo de arroz	≤	2.50	Salubridad																		
Pre mezcla	=	0.05	Requerimiento																		
Sorgo	≤	5.00	Disponibilidad																		

Resultados de Solver

Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

Conservar solución de Solver
 Restaurar valores originales

Informes
 Responder
 Sensibilidad
 Límites

Figura 30. Fórmula de alimento Final con costo óptimo

Tabla 77.

Resumen de costos actuales vs optimizados

	Sacos venta anual	Costo fórmula actual	Costo óptimo	Diferencia %
Inicio	15,500	69.40	67.36	2.9%
Crecimiento	17,200	65.10	63.87	1.9%
Desarrollo	20,600	60.90	59.33	2.6%
Pre postura	14,200	68.00	66.31	2.5%
Postura	11,040	70.10	66.68	4.9%
Final	7,300	69.90	66.31	5.1%
Ahorro promedio				3.3%
Total ahorro (S/)				S/ 173,086

Se observa que el beneficio promedio obtenido con la optimización del costo de las fórmulas del alimento balanceado, es del orden del 3%, que se traduce en un beneficio ponderado anual de S/173,086.

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 2: Deficiente balance de línea

Se propone incorporar a la línea de producción una máquina pesadora automática, en reemplazo de la balanza manual de piso, que agilizará el proceso y garantizará peso exacto. En su transportador de salida, está adosada una máquina cosedora, que cerrará los sacos, en línea, obviando el uso de la cosedora manual *Fishbein*

La codificación de estos sacos, se propone se haga con una codificadora portátil *ink jet*, que reemplazará el uso de tickets y mejorará el registro de inventario y la trazabilidad de la producción.

Esta propuesta, reducirá el tiempo de esta operación de 55 a 25 segundos/saco y permitirá ajustar el uso de mano de obra, de manera racional, basándose en el peso posicional de las actividades, que propone unir las Estaciones de Trabajo, en función de la sumatoria de sus tiempos estándar, que no deben exceder el tiempo de la actividad más lenta, en este caso, la molienda, que toma 80 segundos/saco. Las actividades que comparten la misma estación, podrían ser realizadas por el mismo operario, sin afectar el flujo de producción.

Adicionalmente, se balancea la línea, teniendo en consideración, el programa de producción, 7153 sacos mensuales, de 20 días laborados, en jornadas de 8 horas. Con esta información, se calcula el índice de producción, I_p , que es la velocidad a la que se debe producir, para cumplir con el requerimiento de producción, en el tiempo disponible.

Tabla 78.

Cálculo del índice de producción

Cálculo del índice de producción (Ip)	
Sacos/mes	7,153
Días disponibles/mes	20
Horas disponibles/mes	160
Segundo disponibles/mes	576,000
Sacos/segundo (Ip)	0.0124

Con este valor y el criterio del peso posicional, se hizo el balance de línea, como se muestra seguidamente.

Tabla 21.

Balance de línea propuesta

Propuesta	Seg/500 Kg	Seg/saco	Ip	Operarios requeridos	Operarios redondeo	H-H/saco	Estación de trabajo
Moler maíz y sorgo (53%)	1500	80	0.0124	0.9975	1	0.022	I
Dosificar harinas a mezcladora	350	35	0.0124	0.4347	1	0.022	II
Mezclando harinas	300	30	0.0124	0.3726	1	0.022	III
Embolsado automático	250	25	0.0124	0.3105		0.022	
Pesar automático producto terminado	250	25		0.0000	1	0.000	IV
Cosido y codificado en línea	250	25		0.0000		0.000	
Paletizar	184	18	0.0124	0.2285	1	0.022	V
		220		2.3437	5	0.112	

El costo de la hora-hombre, se calcularía de la siguiente forma.

Tabla 22.

Costo de la hora-hombre con la propuesta

	Remuneracion			
	Mes	Total	Hora	
Molinero	1	2,500.00	2,500.00	10.42
Operarios	5	1,200.00	6,000.00	25.00
Total planilla	6 S/	3,700.00	S/ 8,500.00	
Costo/H-H promedio	S/	4.72		

Este balance, permitirá reducir el número de operarios, de 8 a 5. El uso de mano de obra directa, de 0.178 a 0.112 Horas-hombre/saco y su costo, de 6.72 a S/4.72, por hora-hombre.

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 3: Deficiente planeamiento de abastecimiento

Se propone organizar los requerimientos, con el procedimiento para obtener el lote económico de compra, EOQ, pues la demanda de sus *sku*, no presenta variaciones bruscas y existe conocimiento aproximado *a priori* de ella.

Previamente, se calcula *el* coste de ordenar los pedidos y el de mantenimiento del inventario, de la manera siguiente.

Tabla 23.

Costo de generar una orden de abastecimiento

	Mensual	Diaria	Horaria	Minuto	Tiempo / orden	Costo/orden
Remuneración del gerente	S/8,500	S/283.333	S/35.417	S/0.590	30	S/17.71
Asistente	S/1,500	S/50.000	S/6.250	S/0.104	60	S/6.25
Costo total de emisión de un pedido						S/24

Tabla 24.

Costo de mantenimiento del inventario

	Mensual	% tiempo	Costo (S/)
Remuneración del gerente	S/ 8,500	30%	S/ 2,550
Remuneración del asistente	1,500	50%	S/ 750
Remuneración del molinero	2,500	50%	S/ 1,250
Essalud			1,125
Provisión gratificaciones			1,667
Mantenimiento y limpieza			950
Alquiler mensual del local			2,500
Recibo de luz y alumbrado público promedio			400
Recibo de agua promedio			150
Gastos de oficina			600
Seguro contra incendio			650
Descarte por infestación			200
Total costo administrativo/mes			12,792
Total costo administrativo/anual			153,500
Monto insumos comprados en el año			S/4,292,000
Costo de almacenar/Costo inventario			3.58%

Este 3.58% del costo de almacenar, multiplicará al costo unitario del insumo, para calcular el costo de manejar el inventario de ese material en específico.

El costo de emisión de cada orden, $S/24$, consta en el siguiente cuadro, donde también intervendrá en la determinación del EOQ, según la siguiente fórmula:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AS}{i}}$$

Donde **A**, es el consumo anual del material; **S**, el costo de emitir e **i**, el costo de mantener el inventario.

El EOQ, se redondea en cantidades manejables, para el abastecimiento, en la columna de la derecha

Tabla 25.

Punto de pedido y EOQ

FORMULACIONES CON COSTO OPTIMIZADO (KILOS)								CONSUMO (TONS)			GESTIÓN DE ABASTECIMIENTO					
Insumo	Costo por kilo	Inicio	Crece	Desarrollo	Pre Postura	Postura	Final	Tons /año	Consumo Tons/día	+ Buffer 10%	Lead Time (días)	Punto de pedido (Tons)	Costo de emitir una orden	Costo manejo inventario (S/Ton)	EOQ (Ton)	Lote de compra (Ton)
Maiz amarillo duro	S/ 1.28	20.428	18.851	24.127	20.526	24.499	23.466	1,871	6.237	6.861	4	27.443	24	0.046	44	40
Torta de Soya	S/ 2.05	13.246	10.908	5.470	11.119	7.110	7.851	799	2.664	2.931	4	11.723	24	0.073	23	25
Sorgo	S/ 0.76	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	4.709	427	1.424	1.566	4	6.264	24	0.027	27	30
Polvillo de arroz	S/ 0.74	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.430	214	0.714	0.785	4	3.140	24	0.027	20	20
Harina de pescado	S/ 6.20	-	-	-	-	-	0.360	3	0.009	0.010	4	0.039	24	0.222	1	3
Afrecho	S/ 0.65	7.704	10.940	11.156	5.902	5.839	5.953	729	2.430	2.673	4	10.694	24	0.023	39	40
Pre mezcla vitamínica	S/ 19.03	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	4	0.014	0.016	15	0.236	24	0.681	1	1
Fosfato di-cálcico	S/ 1.89	0.603	1.324	1.295	2.852	4.398	4.332	179	0.598	0.658	10	6.581	24	0.067	11	10
Sal común	S/ 0.34	0.215	0.202	0.189	1.894	0.189	0.200	41	0.137	0.151	4	0.604	24	0.012	13	15
Lisina HCL	S/ 4.75	0.117	0.119	0.101	0.063	0.180	0.281	11	0.036	0.040	15	0.598	24	0.170	2	2
Metionina L-MET	S/ 4.75	0.137	0.107	0.112	0.094	0.235	0.367	13	0.043	0.047	15	0.709	24	0.170	2	3
Sacos producidos/año		15,500	17,200	20,600	14,200	11,040	7,300	4,292	14.30667	15.737						

Cuando el inventario de cualquiera de estos insumos, llegue a nivel, considerado como Punto de pedido, se deberá pedir, su lote económico de compra.

El inventario determinado como punto de pedido, está relacionado con el lead time y debe asegurar que no haya rotura de stock, mientras se completa el abastecimiento.

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 4: Deficiente *layout* del molino

Se propone utilizar el método de Muther, que prioriza la cercanía de las máquinas o áreas, según el nivel de interacción entre ellas. Es decir, las máquinas que tienen mayor frecuencia de desplazamiento entre sí, deberán estar ubicadas lo más cerca posible.

Para ello, se parte de la matriz de triangular, donde se registra las frecuencias de desplazamientos.

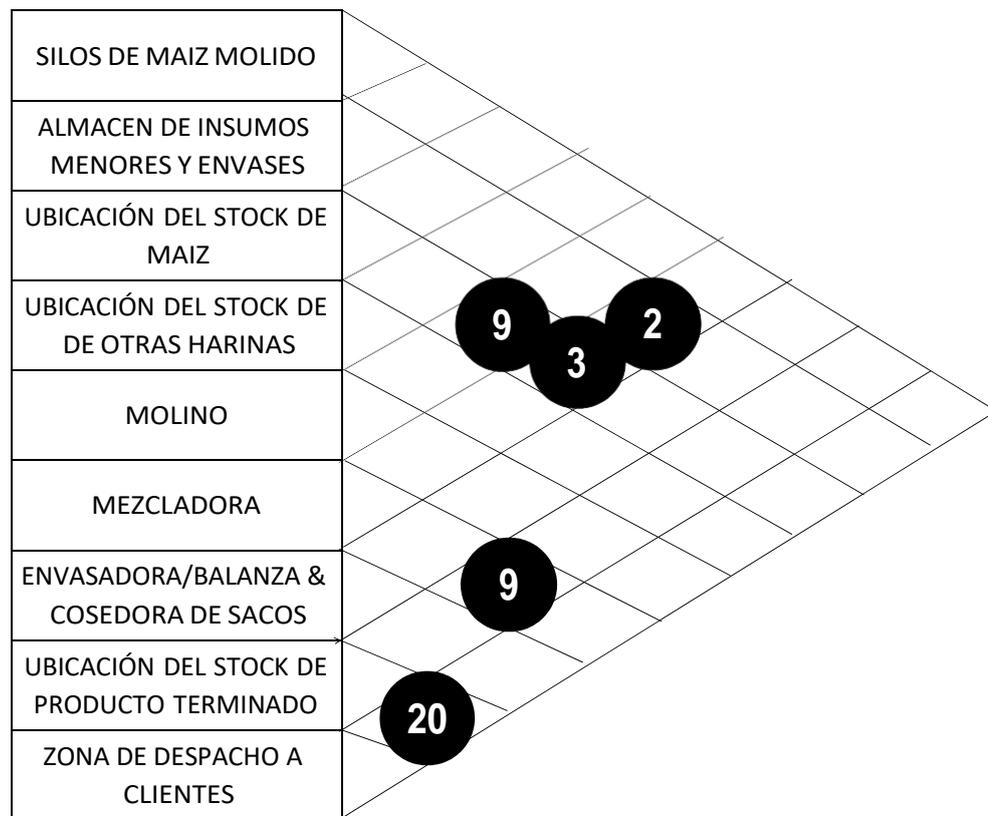


Figura 31. Matriz triangular de Muther

Se observa que la mayor interacción, se da entre la ubicación del stock de producto terminado y la zona de despacho a clientes.

Luego le siguen en prioridad, la ubicación del stock de los granos de maíz y el molino. Igual que la mezcladora y la ubicación del stock de producto terminado.

Estos criterios, se manifiestan en la siguiente matriz de panal de abeja, en el que se ubican las máquina o áreas, buscando la cercanía entre ellas.

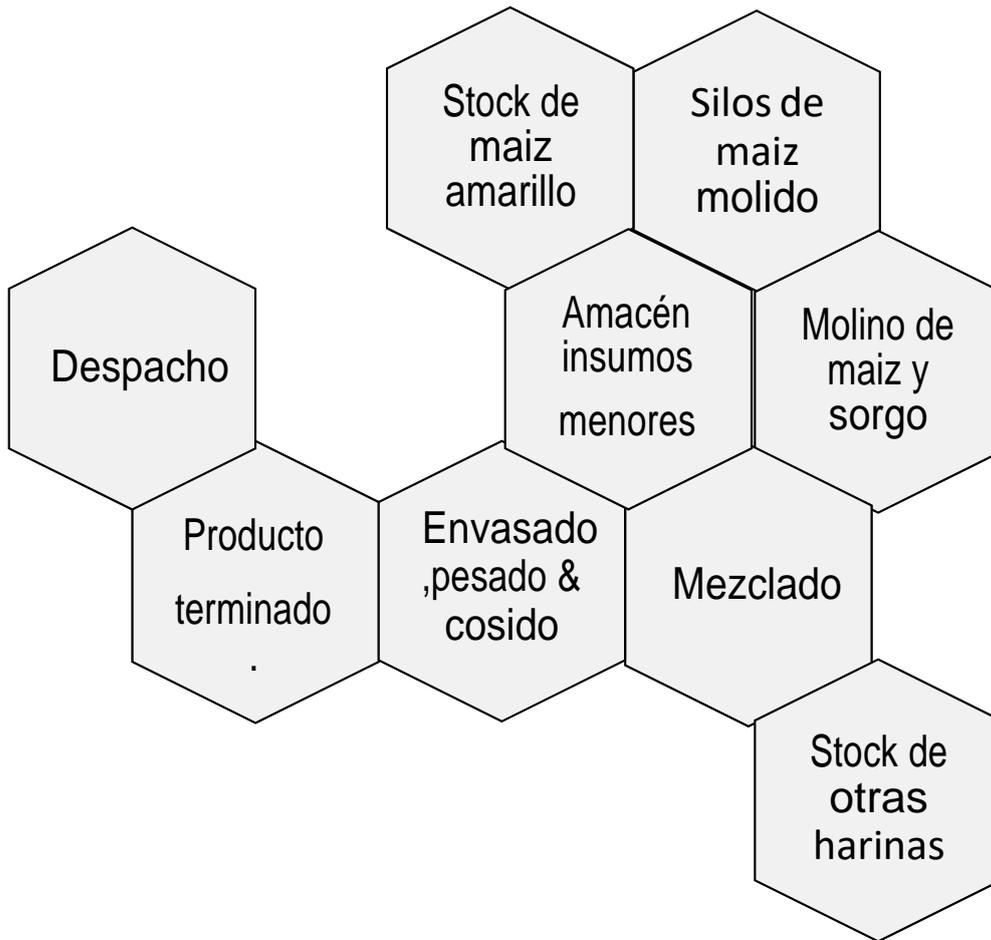


Figura 32. Matriz de panal de abeja

Considerando como referencia, las ubicaciones de las máquinas y áreas, que constan en la matriz de panal de abeja, se preparó el siguiente *layout* de la planta.

En este, se incluyen la envasadora-pesadora-cosedora de sacos y los transportadores de alimentación del molino y de la mezcladora, con el reajuste en la mano de obra, generado por estos y por el balance de línea.

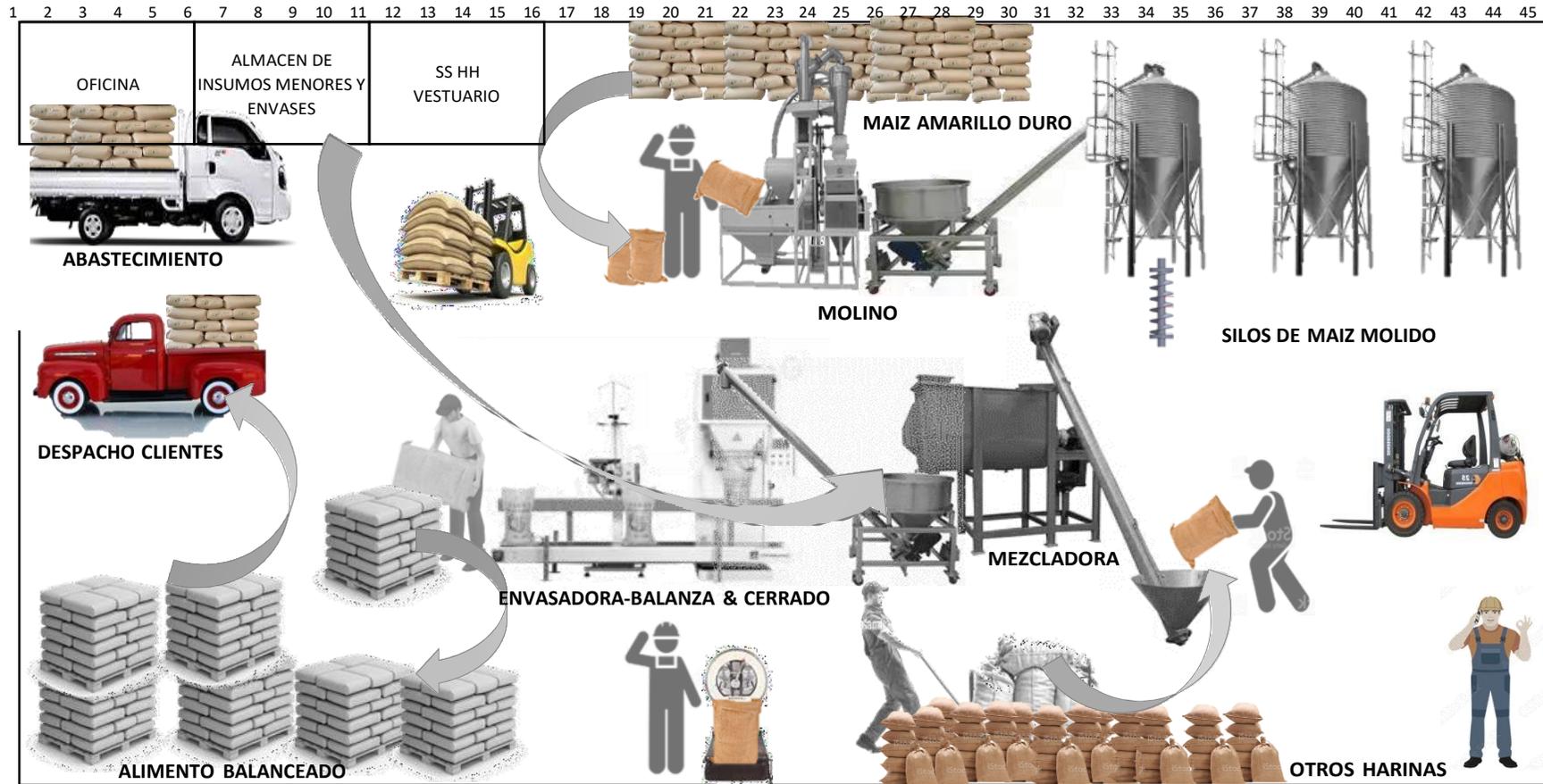


Figura 33. *Layout propuesto*

Se observa que ya no existen cruces en los desplazamientos.

La medición del recorrido que realizarían los trabajadores, con esta nueva distribución, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 26.

Matriz de desplazamientos, frecuencias y distancias propuesta

LAYOUT Y DESPLAZAMIENTOS PROPUESTOS	SILOS DE MAIZ		ALMACEN DE INSUMOS MENORES Y ENVASES		UBICACIÓN DEL STOCK DE MAIZ		UBICACIÓN DEL STOCK DE OTRAS HARINAS		MOLINO		MEZCLADORA		ENVASADORA/BALANZA & COSEDORA DE SACOS		UBICACIÓN DEL STOCK DE PRODUCTO TERMINADO		ZONA DE DESPACHO A CLIENTES		DISTANCIA RECORRIDA EN EL DIA (Metros)
	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA DIARIA	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA DIARIA	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA DIARIA	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA DIARIA	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA DIARIA	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA DIARIA	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA DIARIA	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA DIARIA	RECORRIDO (metros)	FRECUENCIA DIARIA	
SILOS DE MAIZ MOLIDO											ALIMENTADO POR GUSANO								
ALMACEN DE INSUMOS MENORES Y ENVASES											24	2							48
UBICACIÓN DEL STOCK DE MAIZ									5	9									45.71
UBICACIÓN DEL STOCK DE OTRAS HARINAS											7	4							29.73
MOLINO DE MAIZ Y SORGO											ALIMENTADO POR GUSANO								
MEZCLADORA																			
ENVASADORA/BALANZA & COSEDORA DE SACOS														6	9				54.86
UBICACIÓN DEL STOCK DE PRODUCTO TERMINADO																	10	20	200
TOTAL METROS RECORRIDO DURANTE EL DIA																			378.3
HORAS - HOMBRE ANUALES EN CAMINATA A 1.5																			75.66

Se observa que, con esta nueva distribución, el personal mensualmente realiza un acumulado de 378 metros.

Como en la situación actual, asumiendo que el personal camina, dentro de planta, a una velocidad de 1.5 Km/Hora, representa un gasto de mano de obra de 75.66 horas durante el año, que con el costo de la hora-hombre con la propuesta, S/4.72, implica un costo de S/357, vs S/989, actuales.

El beneficio colateral, que no se ha investigado en esta tesis, es, la incidencia en la reducción de accidentes, que se lograría con este nuevo layout, mejor distribuido.

Evaluación económico-financiera

Inversión propuesta

Envasadora-Pesadora & Cosedora de sacos

La *Particle Single Head Weighing Packing Machinery Semi Automatic 50kg Sand Bags Filling Packaging Machine*, es una máquina de envasado inteligente, especializada en materiales granulares y materiales irregulares. Utiliza modos de alimentación de compuerta neumática o alimentación de correa.

La unidad de la máquina consta de unidades de alimentación, llenado, pesaje de gránulos. Transportado y equipo de costura.

Es ampliamente utilizada en las industrias química, farmacéutica y alimentaria. Tales como materias primas, harina, leche en polvo, almidón, azúcar, aditivos, fertilizantes, piensos, polvo plástico, nuevos materiales de construcción y otras industrias.

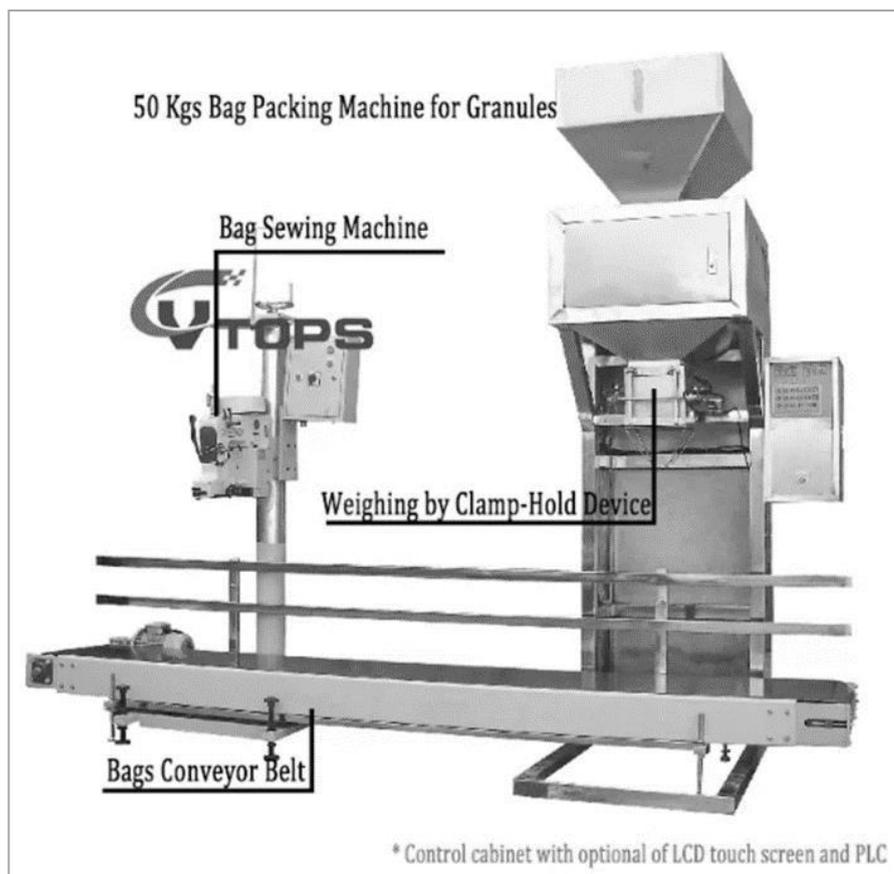


Figura 34. Máquina llenadora, pesadora y cosedora de sacos

Fuente. alibaba.com

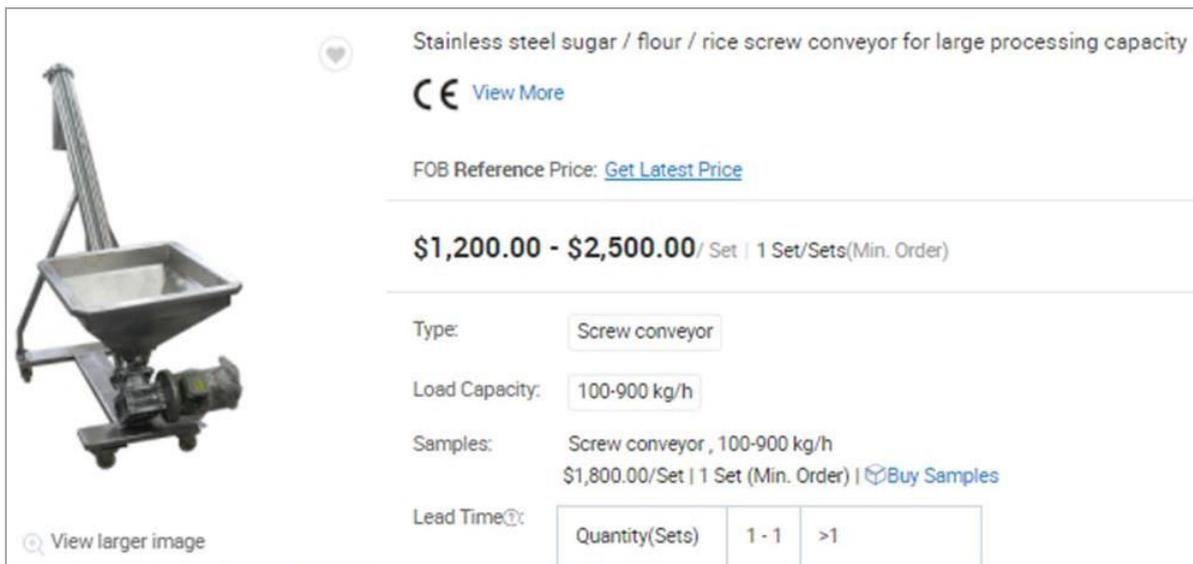
Tabla 27.

Cotización de máquina llenadora, pesadora y cosedora de sacos

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Envasadora , pesadora &cosedora	1	4,980.00	4,980	19,920
Flete				5,976
Seguro	3.0%			598
Base imponible				26,494
Ad valorem	4.0%			1,060
Agente aduana	1.5%			397
IGV	18.0%			4,769
Total				32,720
Flete local				500
Total				S/ 33,220

Fuente. alibaba.com

Alimentador



Stainless steel sugar / flour / rice screw conveyor for large processing capacity

CE [View More](#)

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

\$1,200.00 - \$2,500.00 / Set | 1 Set/Sets (Min. Order)

Type:

Load Capacity:

Samples: Screw conveyor , 100-900 kg/h
\$1,800.00/Set | 1 Set (Min. Order) | [Buy Samples](#)

Lead Time:

Figura 35. Alimentador

Fuente. alibaba.com

Cotización del alimentador

Tabla 28.

Cotización de alimentador

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Alimentador	1	1,200.00	1,200	4,800
Flete				1,440
Seguro	3.0%			144
Base imponible				6,384
Ad valorem	4.0%			255
Agente aduana	1.5%			96
IGV	18.0%			1,149
Total				7,884
Flete local				300
Total				S/ 8,184

Fuente. alibaba.com

Impresor ink jet portátil

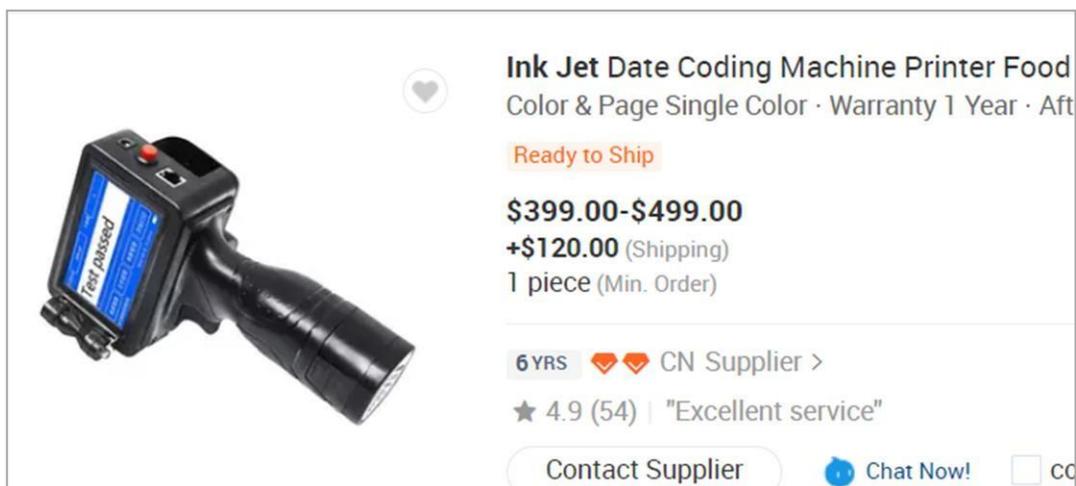


Figura 36. Ink jet

Fuente. alibaba.com

Tabla 29.

Cotización de ink jet

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Codificador manual ink jet	2	499.00	998	3,992
Flete				1,198
Seguro	3.0%			120
Base imponible				5,309
Ad valorem	4.0%			212
Agente aduana	1.5%			80
IGV	18.0%			956
Total				6,557
Flete local				300
Total				S/ 6,857

Fuente. alibaba.com

Cotización de computadora



Figura 37. Laptop

Fuente. Web plazavea

Flujo de caja proyectado

Tabla 30.

Flujo de caja

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
<u>Inversión</u>													
Envasadora & Cosedora de bolsas (1)	-S/	62,917											
Alimentador envasadora (3)	-S/	31,837											
Computadora (1)	-S/	3,000											
Codificador ink jet de sacos (2)	-S/	6,857											
Total inversión	-S/	104,611											
<u>Ingresos</u>													
Mejores fórmulas del alimento balanceado	14,424	14,424	14,424	14,424	14,424	14,424	14,424	14,424	14,424	14,424	14,424	14,424	173,086
Mejora en balance de línea de producción	4,780	4,780	4,780	4,780	4,780	4,780	4,780	4,780	4,780	4,780	4,780	4,780	57,365
Mejor gestión de stocks	399	399	399	399	399	399	399	399	399	399	399	399	4,785
Mejor layout	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	632
Total ingresos	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	
Total ingresos actualizados	19,413	19,173	18,937	18,703	18,472	18,244	18,019	17,796	17,577	17,360	17,145	16,934	217,771
<u>Egresos</u>													
Capacitación en gestión de abastecimiento	-	2,000											2,000
Capacitación en estudio del trabajo	-	2,000											2,000
Obras civiles nivelación piso envasadora	-	8,000											
Total egresos	-	12,000	-	12,000									
Total egresos actualizados	-	11,852	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,852
Saldo antes de impuestos	7,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	19,656	223,868
Impuesto a la renta	-	5,897	5,897	5,897	5,897	5,897	5,897	5,897	5,897	5,897	5,897	5,897	67,160
Flujo	7,656	13,759	13,759	13,759	13,759	13,759	13,759	13,759	13,759	13,759	13,759	13,759	156,708
Flujo actualizado	-S/	104,611	7,561	13,421	13,256	13,092	12,930	12,771	12,613	12,457	12,304	12,152	12,002
													11,853
													S/
													146,412

TMAR	15.000% anual
	1.25% mensual
VAN	S/ 41,801
TIR	81.870%
B/C	1.87
Tiempo de retorno (años)	0.5
Tiempo de retorno (meses)	6

Fuente. Elaboración Propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Reducción en el costo de insumos por saco de alimento

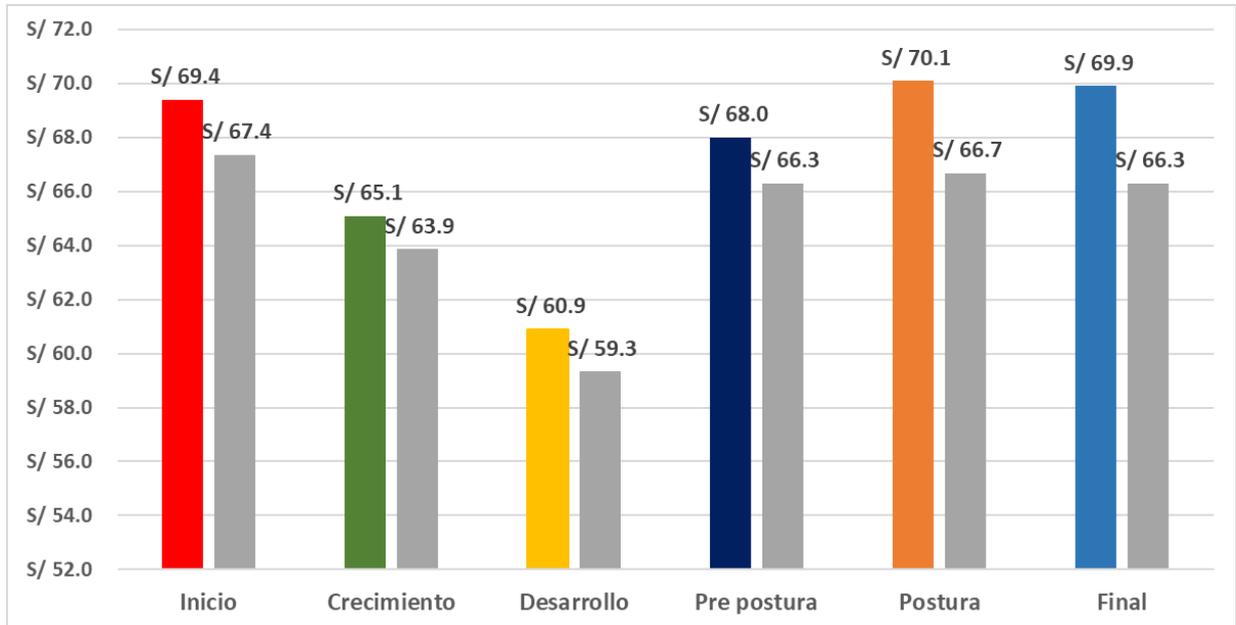


Figura 38. Costo de insumos por saco

Efecto del balance de línea en la mano de obra

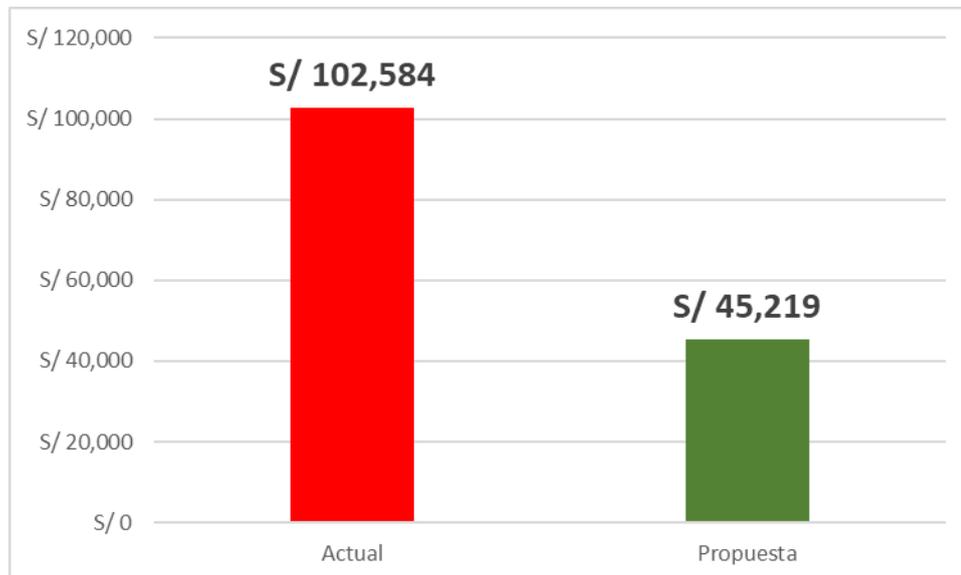


Figura 39. Costo anual de mano de obra

Reducción en compras reactivas

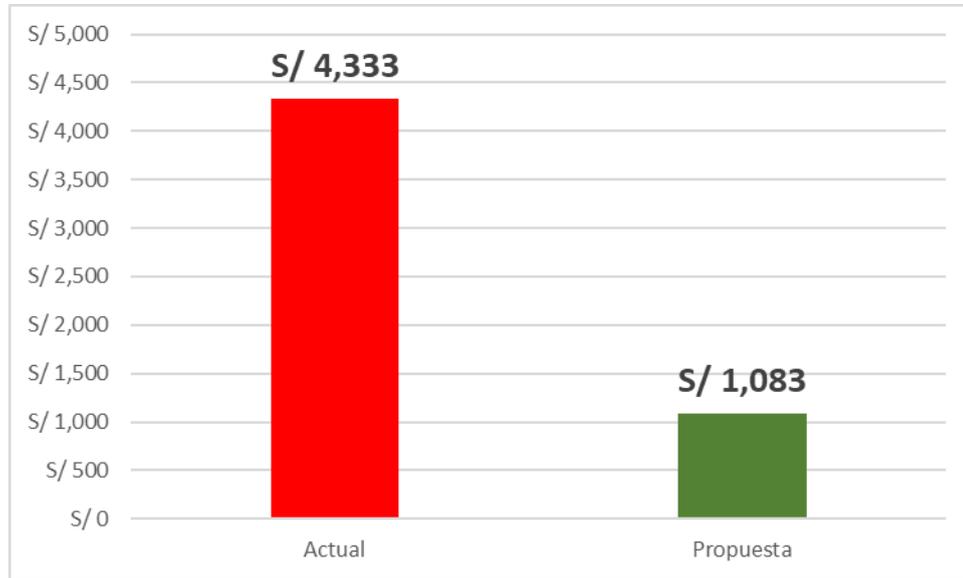


Figura 40. Costo anual de compras reactivas

Efecto del *layout* en costo del desplazamiento

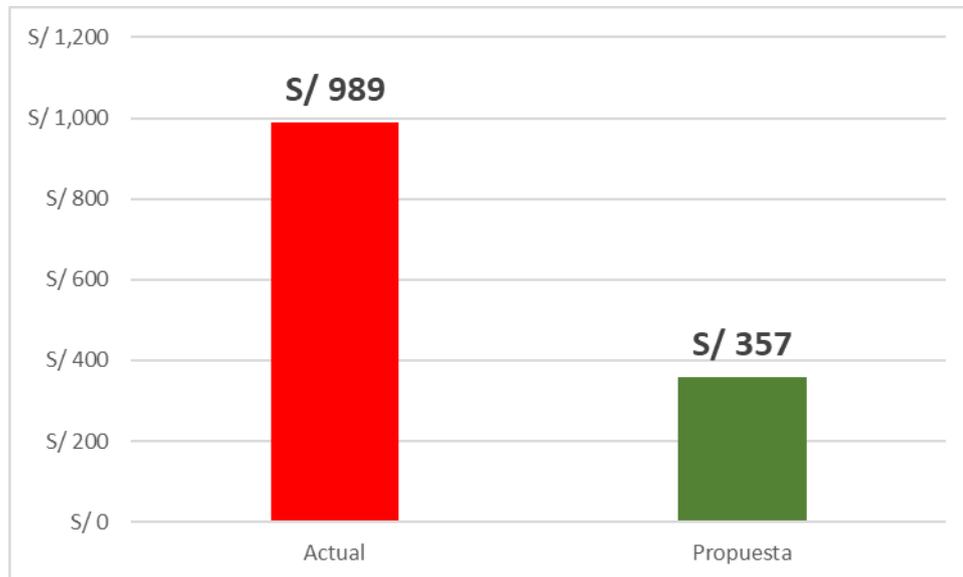


Figura 41. Costo anual de Horas-Hombre empleadas en desplazamientos

Reducción de granos descartados por estar infestados con gorgojos

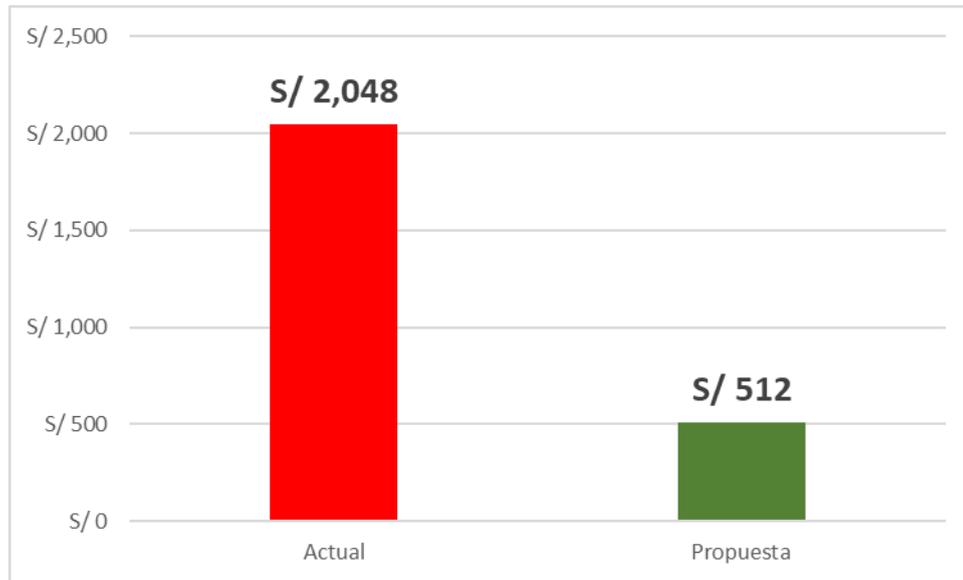


Figura 42. Costo anual de granos descartables por estar infestados

Variación de la rentabilidad

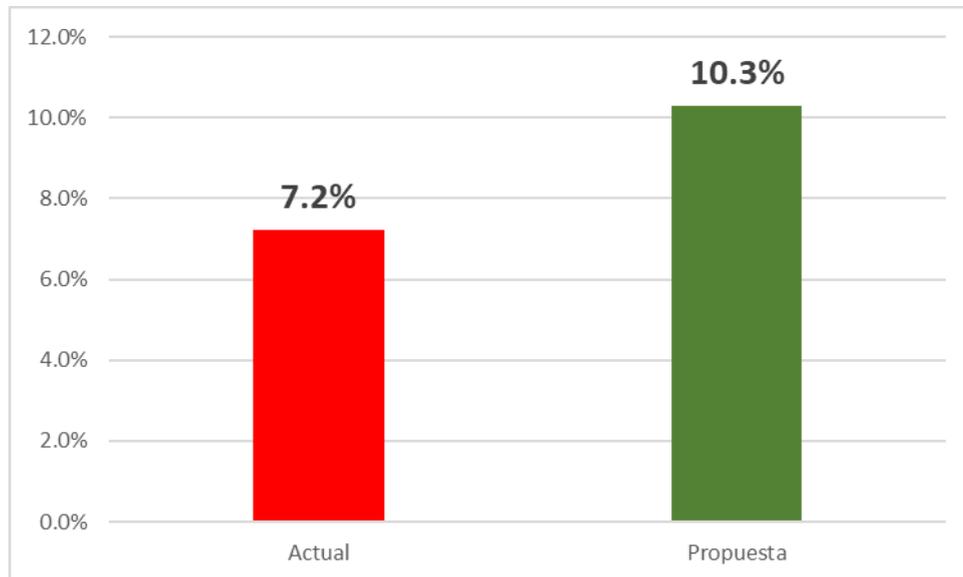


Figura 43. Rentabilidad actual vs propuesta

Estado de resultados

Tabla 31.

Estado de resultados

	Actual		Propuesta		
Ingresos brutos ventas	S/	7,140,837	S/	7,140,837	
Beneficios del proyecto					
Reducción de compras reactivas			S/	3,249	
Reducción de descarte por infestación			S/	1,536	
Reducción de tiempo en desplazamientos			S/	632	
Costo de producción	-S/	6,263,892	-S/	5,929,784	
Ganancias brutas	S/	876,945	S/	1,216,471	S/ 339,526
Margen bruto		12.28%		17.04%	
Gastos					
Gastos gerenciales	-S/	119,000	-S/	119,000	
Gastos de administración	-S/	21,000	-S/	21,000	
Depreciación			-S/	10,461	
Total gastos	-S/	140,000	-S/	150,461	
Ingresos Operacionales	S/	736,945	S/	1,066,010	S/ 329,065
Pago de intereses	S/	-	-S/	15,692	
Ingresos antes de Impuestos	S/	736,945	S/	1,050,318	S/ 313,373
Impuesto a la renta	-S/	221,083	-S/	315,095	
Ingresos Netos	S/	515,861	S/	735,223	S/ 219,361
Utilidad sobre ventas		7.22%		10.30%	3.07%
				42.52%	

Fuente. Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Se tiene coincidencias con el procedimiento que empleo Saldaña, para bajar los costos del alimento para aves ponedoras, empleando ingredientes sustitutos, que cumplan con los requerimientos nutricionales.

Para optimizar los costos, sin afectar el valor nutricional del alimento, creó un modelo de programación lineal con *Solver*. El costo de la dieta no tradicional obtenida fue 5.2% más barata que la vigente, mientras que, con la optimización realizada con las fórmulas de la empresa, en la que se desarrolló esta tesis, fue de 3.3%.

Adicionalmente, al igual que en la tesis del antecedente, se construyó una plantilla en Excel que permite ajustar las fórmulas, ante eventuales variaciones de precios o en su disponibilidad.

Al igual que Yuqui (2017), quien propuso elaborar un estudio de tiempos y movimientos para organizar su proceso productivo, con el que identifiqué un exceso de 18 trabajadores, reduciendo en 30% el tiempo estándar.

En la presente tesis, se presenta una propuesta de mejora, que implica balancear la línea, basándose, al igual que Yuqui, en un estudio de tiempos e incorporando al flujo, una máquina compleja que agiliza en 55%, el envasado, pesado y cosido del saco, de 55 a solo 25 segundos por saco.

En la presente tesis, se empleó criterios similares a los de Del Águila, que sostiene que la aplicación de herramientas matemáticas y softwares especializados, permite optimizar las fórmulas y tomar mejores decisiones, en la manufactura de alimentos nutricionalmente fortificados. Continuando su argumentación, manifiesta que, la Programación Lineal es una herramienta poderosa para la formulación de alimentos, concentrados o piensos, para aplicaciones pecuarias e incluso, humana, pues, toma en cuenta, todos los requerimientos nutricionales que se quieren cubrir con el alimento que se está diseñando, además de tomar en cuenta los costos de cada ingrediente, para determinar la mejor dieta y la mayor utilidad, con menores costos operativos.

En la tesis de González y Reyes, en la que mencionan que, la problemática de las áreas de producción y logística impactaba negativamente en la rentabilidad en el molino de la empresa avícola. Proponiendo para su mejora, el uso de herramientas,

como la Planeación de Requerimientos de Distribución, Plan Maestro de Producción, Procedimiento de Trabajo, KPI's de desempeño, Planificación de Requerimientos de Materiales, Gestión de Relaciones con Proveedores, Gestión de Relaciones con Clientes, Kardex y KPI's logísticos.

La mejora que sostienen se obtuvo, tuvo un VAN de S/. 141,256.00, una TIR de 75% y un Beneficio / Costo de 2.12.

En la presente tesis, la misma problemática, se atendió con la optimización de las fórmulas del alimento balanceado; balance de línea y mejora de métodos; mejor gestión de abastecimiento, con uso del lote económico y, con el uso del método de *Muther*, para definir un mejor *layout*, en el que se reduzca las distancias recorridas por los trabajadores, en sus operaciones rutinarias.

El VAN de esta propuesta en S/41,801. La TIR, 81.87% y un beneficio/costo de 1.87.

4.2. Conclusiones

- Se determinó que la propuesta de mejora en la gestión de producción y logística incrementa la utilidad neta de un molino de alimento balanceado, en la ciudad de Trujillo en un 42.52%, es decir, en S/219,361.
- Se diagnosticaron problemas en la gestión actual de producción y logística que afectan negativamente la rentabilidad de un molino de alimento balanceado en la ciudad de Trujillo. Estas son: Deficiente balance nutricional, deficiente balance de línea, deficiente planeamiento de abastecimiento y deficiente layout del molino.
- Se emplearon métodos y herramientas de la ingeniería industrial para incrementar la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, en la ciudad de Trujillo, como balance de masa, balance nutricional, solver, balance de línea, mejora de métodos, punto de pedido, EOQ y método Muther de distribución. Después de aplicar balance de masa y nutricional, se obtuvo un beneficio de S/ 57,365. Asimismo, luego de aplicar gestión de stocks, se obtuvo un beneficio de S/4,785. De igual manera, al aplicar estudio del trabajo, se obtuvo un beneficio de S/632. Obteniendo un beneficio total de S/26,208.
- La propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para incrementar la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, es viable económica y financieramente. Esto se demuestra con un VAN de S/41,801. Además, la Tasa Interna de Retorno es 81.87% y el Beneficio/Costo de 1.87, que indica que, por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se obtendrá una ganancia de S/0.87. El retorno de la inversión será en 6 meses.

REFERENCIAS

- Arévalo, L. y Ramírez, S. (2018). *Mejora de la disposición del área de envasado de la empresa Messer Gases del Perú sede Callao* (Tesis de Postgrado). Universidad de Lima, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/8098>
- BMeditores (2020). *Encuesta global sobre alimento balanceado de Alltech 2020*. Recuperado de <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/encuesta-global-sobre-alimento-balanceado-de-alltech-2020/>
- Comisión para la Cooperación ambiental (2022). *Balance de masas*. Recuperado de <http://www.cec.org/flwm/es/method-es/balance-de-masas/>
- Contexto ganadero (2021). *3 métodos que usted puede aplicar para balancear raciones en su ganadería*. Recuperado de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/3-metodos-que-usted-puede-aplicar-para-balancear-raciones-en-su-ganaderia>
- Del Águila, T. (2018). *Optimización de la mezcla de dietas para la elaboración de alimento balanceado con requisitos predeterminados en aves de engorde* (Tesis de Postgrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2854/TESIS%20MAESTRIA%20-%20TOBIAS%20DEL%20AGUILA%20ARCE.pdf?sequence=1>
- Domenech, J. (2010). Diagrama de Pareto.
- García, R. (2005). Estudio del Trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo. México: McGraw-Hill.
- González, B. y Reyes, C. (2017). *Propuesta de mejora en las áreas de producción y logística para incrementar la rentabilidad en el molino de la empresa Avikonor S.A.C.* (Tesis de Grado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13106>
- Hurtado, N. (2017). *Producción mundial de alimentos balanceados en acuicultura 2017*. Recuperado de <http://acuiculturaperu.blogspot.com/2017/01/produccion-mundial-de-alimentos.html>
- Livaque, A. y Peña, D. (2020). *Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa de alimentos balanceados*

- KIME E.I.R.L.- Chiclayo 2019* (Tesis de Grado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú. Recuperado de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8031/Livaque%20Gonzales%2C%20Alexander%20%26%20Pe%2C%20B1a%20Figueroa%2C%20Dany.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Midagri (2020). *Alimentos Balanceados*. Recuperado de <https://www.midagri.gob.pe/portal/datero/40-sector-agrario/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/307-alimentos-balanceados>
- Peinado, J. y Reis, A. (2007). *Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)* Centro universitario positivo. Curitiba- Brazil 2007.
- Pérez, A., Rodríguez, A., & Molina, M. (2002). Factores determinantes de la rentabilidad financiera de las pymes. *Spanish Journal of Finance and Accounting/Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 31(112), 395-429.
- Red media (2021). *Fabricación de alimentos balanceados*. Recuperado de <https://redmedia.com/alimentos/fabricacion-de-alimentos-balanceados/>
- Saldaña, E. (2017). *Formulación de una dieta de mínimo costo por medio de sustitución de ingredientes tradicionales en aves ponedoras Hy-line Brown, Unidad Avícola, Zamorano* (Tesis de Grado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1807/1/AGN-2013-T029.pdf>
- SoloAvesyPorcinos (2022). *Alltech presentó los resultados de su encuesta global sobre la producción de alimento balanceado*. Recuperado de <https://www.soloavesyporcinos.com/nota/494574-alltech-presento-los-resultados-de-su-encuesta-global-sobre-la-produccion-de-alimento-balanceado>
- Universidad Privada Telesup (2017). *Balanceo de Línea y Control de Producción*. Recuperado de <https://utelesup.edu.pe/blog-ingenieria-industrial-y-comercial/balanceo-de-linea-y-control-de-produccion/#:~:text=El%20objetivo%20fundamental%20de%20un,recursos%20e%20incluso%20inversiones%20econ%C3%B3micas>
- FLW Protocol (2016), “Mass Balance”, *Guidance on FLW Quantification Methods*, capítulo 8, Food Loss and Waste Protocol [Protocolo sobre Pérdida y Desperdicio de

Alimentos]. Recuperado de http://flwprotocol.org/wp-content/uploads/2016/06/FLW_Guidance_Chapter8_Mass_Balance.pdf.

Yuqui, J. (2017). *Estudio de procesos, tiempos y movimientos para mejorar la productividad en la planta de ensamble del modelo Golden en Carrocerías Megabuss* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3130>

ANEXOS

Anexo 1.

Costos actuales

Costos del alimento balanceado actual empírico

Costos directos

Materia prima

Insumo	Costo del insumo	Inicial		Crecimiento		Desarrollo		Pre Postura		Postura		Final	
		Kilos	Costo fórmula	Kilos	Costo fórmula								
Maiz amarillo duro	1.28	20.412	26.13	18.867	24.15	24.14	30.89	21.90	28.03	24.54	31.42	23.47	30.04
Torta de Soya	2.05	14.566	29.89	10.988	22.55	5.52	11.32	11.68	23.97	7.31	14.99	7.85	16.11
Sorgo	0.76	4.894	3.72	4.920	3.74	4.87	3.70	4.98	3.79	4.73	3.59	4.71	3.58
Polvillo de arroz	0.74	2.494	1.85	2.467	1.83	2.45	1.82	2.50	1.85	2.44	1.81	2.43	1.80
Harina de pescado	6.20	0.038	0.23	0.120	0.74	0.18	1.12	0.01	0.04	0.34	2.09	0.36	2.23
Afrecho	0.65	6.470	4.21	10.688	6.95	11.03	7.17	3.96	2.57	5.30	3.44	5.95	3.87
Pre mezcla vitamínica	19.03	0.050	0.95	0.050	0.95	0.05	0.95	0.05	0.95	0.05	0.95	0.05	0.95
Fosfato di-cálcico	1.89	0.609	1.15	1.380	2.60	1.27	2.39	2.87	5.42	4.34	8.19	4.33	8.17
Sal común	0.34	0.215	0.07	0.201	0.07	0.19	0.06	1.90	0.65	0.21	0.07	0.20	0.07
Lisina HCL	4.75	0.115	0.55	0.188	0.89	0.09	0.44	0.06	0.28	0.37	1.78	0.28	1.33
Metionina L-MET	4.75	0.138	0.65	0.133	0.63	0.22	1.04	0.09	0.45	0.37	1.77	0.37	1.75
		50.00	S/ 69.40	50.00	S/ 65.10	50.00	S/ 60.90	50.00	S/ 68.00	50.00	S/ 70.10	50.00	S/ 69.90
Envase													
Bolsa de polipropileno			S/ 1.30		S/ 1.30								
Mano de obra directa													
Mano de obra directa (5)	S/ 6.72		S/ 1.20		S/ 1.20								
Total costos directos			S/ 71.90		S/ 67.60		S/ 63.40		S/ 70.50		S/ 72.60		S/ 72.40
Costos indirectos													
Mano de obra indirecta (1)	S/ 16.83	0.178	S/ 2.99		S/ 2.99		S/ 2.99		S/ 2.99		S/ 2.99		S/ 2.99
Vacaciones			S/ 0.28		S/ 0.28								
Gratificaciones			S/ 0.56		S/ 0.56								
Electricidad (10 KwH)	S/ 0.40		S/ 0.11		S/ 0.11								
Agua			S/ 0.03		S/ 0.03								
Depreciación (S/40K/5 años)			S/ 0.10		S/ 0.10								
Total costos indirectos			S/ 4.08		S/ 4.08								
Total costo de 1 saco x 50 Kilos			S/ 75.97		S/ 71.67		S/ 67.47		S/ 74.57		S/ 76.67		S/ 76.47
Margen de la empresa													
Valor venta		14.0%	S/ 10.64		S/ 10.03		S/ 9.45		S/ 10.44		S/ 10.73		S/ 10.71
IGV			S/ 86.61		S/ 81.71		S/ 76.92		S/ 85.01		S/ 87.41		S/ 87.18
Precio de venta por saco		18%	S/ 15.59		S/ 14.71		S/ 13.85		S/ 15.30	S/ -	S/ 15.73		S/ 15.69
			S/102.20		S/ 96.41		S/ 90.76		S/100.31		S/ 103.14		S/ 102.87

Anexo 2.

Costos con la propuesta

Costos del alimento balanceado con la propuesta

Costos directos

Materia prima

Insumo	Costo del insumo	Inicial		Crecimiento		Desarrollo		Pre Postura		Postura		Final	
		Kilos	Costo fórmula										
Maiz amarillo duro	1.28	20.43	26.15	18.85	24.13	24.127	30.88	20.526	26.27	24.499	31.36	23.421	29.98
Torta de Soya	2.05	13.25	27.18	10.91	22.38	5.470	11.23	11.119	22.82	7.110	14.59	7.651	15.70
Sorgo	0.76	5.00	3.80	5.00	3.80	5.000	3.80	5.000	3.80	5.000	3.80	5.000	3.80
Polvillo de arroz	0.74	2.50	1.86	2.50	1.86	2.500	1.86	2.500	1.86	2.500	1.86	2.500	1.86
Harina de pescado	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00
Afrecho	0.65	7.70	5.01	10.94	7.11	11.156	7.25	5.902	3.84	5.839	3.80	6.505	4.23
Pre mezcla vitamínica	19.03	0.05	0.95	0.05	0.95	0.050	0.95	0.050	0.95	0.050	0.95	0.050	0.95
Fosfato di-cálcico	1.89	0.60	1.14	1.32	2.50	1.295	2.44	2.852	5.38	4.398	8.29	4.391	8.28
Sal común	0.34	0.21	0.07	0.20	0.07	0.189	0.06	1.894	0.65	0.189	0.06	0.177	0.06
Lisina HCL	4.75	0.12	0.56	0.12	0.57	0.101	0.48	0.063	0.30	0.180	0.85	0.076	0.36
Metionina L-MET	4.75	0.14	0.65	0.11	0.51	0.112	0.53	0.094	0.45	0.235	1.12	0.230	1.09
		50.00	S/ 67.36	50.00	S/ 63.87	50.00	S/ 59.48	50.00	S/ 66.31	50.00	S/ 66.68	50.00	S/ 66.31
Envase													
Bolsa de polipropileno			S/ 1.30										
Mano de obra directa Costo H-H H-H													
Mano de obra directa (5)	S/ 4.72	0.112	S/ 0.53		S/ 0.53								
Total costos directos			S/ 69.19		S/ 65.70		S/ 61.31		S/ 68.13		S/ 68.51		S/ 68.13
Costos indirectos													
Mano de obra indirecta (1)	S/ 16.83	0.11	S/ 1.88		S/ 1.88		S/ 1.88		S/ 1.88		S/ 1.88		S/ 1.88
Vacaciones			S/ 0.24										
Gratificaciones			S/ 0.48										
Electricidad (10 KwH)	S/ 0.40		S/ 0.11										
Agua			S/ 0.03										
Depreciación (S/40K/5 años)			S/ 0.10										
Total costos indirectos			S/ 2.83										
Total costo de 1 saco x 50 Kilos			S/ 72.02		S/ 68.53		S/ 64.14		S/ 70.97		S/ 71.34		S/ 70.97
Margen de la empresa													
Valor venta		20.3%	S/ 14.58	19.2%	S/ 13.18	19.9%	S/ 12.77	19.8%	S/ 14.04	22.5%	S/ 16.07	22.8%	S/ 16.21
IGV			S/ 86.61		S/ 81.71		S/ 76.92		S/ 85.01		S/ 87.41		S/ 87.18
IGV		18%	S/ 15.59		S/ 14.71		S/ 13.84		S/ 15.30		S/ 15.73		S/ 15.69
Precio de venta por saco			S/102.20		S/ 96.41		S/ 90.76		S/100.31	S/ -	S/103.14		S/102.87

Anexo 3.

Programa de Capacitación

CRONOGRAMA DE CAPACITACION				
Capacitador : Tecsup Trujillo	FECHAS			
Temario	4-Dic-21	11-Dic-21	18-Dic-21	2-Ene-22
¿Qué es el alimento balanceado?				
¿Cómo leer y analizar una fórmula?				
Preparación de los insumos				
Preparación de la maquinaria				
Análisis de costos de fabricación				
Recepción de materia prima				
Almacenamiento de materia prima				
Manipuleo de alimentos de origen animal				
Producción del alimento balanceado				
Pesaje				
Molienda				
Mezclado				
Acondicionado				
Peletizado				
Extruido				
Buenas prácticas				