



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS

**Aplicación de la Programación Lineal Entera para el
Aumento de la Productividad en una Empresa
Molinera, Lambayeque 2023**

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

Autoras

Bach. Davila Rodas Zoila Elizabeth

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9256-3809>

Bach. Garcia Frias Vilma Julissa

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2273-2635>

Asesor

Dr. Alviz Meza Anibal

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1282-4130>

**Línea de Investigación
Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

Pimentel – Perú

2023

**APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA PARA EL AUMENTO
DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA MOLINERA, LAMBAYEQUE 2023.**

Aprobación del jurado

DR. PUYEN FARIAS NELSON ALEJANDRO

Presidente del Jurado de Tesis

DRA. RAFFO RAMIREZ FLOR DE MARIA

Secretario del Jurado de Tesis

DR. VASQUEZ CORONADO MANUEL HUMBERTO

Vocal del Jurado de Tesis



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos Zoila Elizabeth Davila Rodas y Vilma Julissa García Frias; del Programa de Estudios de **Ingeniería Industrial** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA PARA EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA MOLINERA, LAMBAYEQUE 2023.

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Dávila Rodas Zoila Elizabeth	DNI: 75194456	
García Frias Vilma Julissa	DNI: 72225685	

Pimentel, 03 de mayo de 2024.

APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA PARA EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA MOLINERA, LAMBAYEQUE 2023.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo la aplicación de la programación lineal entera para el aumento de la productividad en una empresa molinera, Lambayeque 2023. Para analizar la problemática se utilizó la metodología explicativa y diseño cuasi-experimental bajo un enfoque cuantitativo, la población fue conformada por catorce colaboradores de producción y la muestra se centró en un encargado del área. Asimismo, mediante la aplicación de la entrevista y análisis documental se pudo recolectar la información para poder evaluar la situación actual de la molinera pudiendo identificar los factores involucrados con la finalidad de establecer el modelo matemático. El modelo fue procesado mediante el software Tora donde se identificó que la utilidad no percibida ascendía a S/ 209,061.17 haciendo referencia al 16.66%. Tras la aplicación del modelo matemático se pudo disminuir en S/ 41,843.4 dando un resultado óptimo de 12.83%. Por otro lado, el beneficio económico arrojó que por cada S/ 1.00 invertido se obtendrá una rentabilidad de S/0.83, es decir, el proyecto es viable.

Palabras clave: Programación Lineal, productividad, modelo matemático.

Abstract

The present research aimed at the application of integer linear programming for the increase of productivity in a milling company, Lambayeque 2023. To analyze the problem, the explanatory methodology and quasi-experimental design were used under a quantitative approach, the population was made up of fourteen production collaborators and the sample focused on a person in charge of the area. Likewise, through the application of the interview and documentary analysis, it was possible to collect the information in order to evaluate the current situation of the mill, being able to identify the factors involved in order to establish the mathematical model. The model was processed using the Tora software where it was identified that the unperceived profit amounted to S / 209,061.17 referring to 16.66%. After the application of the mathematical model, it was possible to decrease by S / 41,843.4 giving an optimal result of 12.83%. On the other hand, the economic benefit showed that for each S / 1.00 invested, a return of S / 0.83 will be obtained, that is, the project is viable.

Keywords: *Linear programming, productivity, mathematical model*

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Realidad Problemática

Actualmente a nivel internacional múltiples empresas dedicadas al rubro molinero sufren un declive puesto que fracasan como organización debido a que ciertos factores claves que deberían incluir en sus procesos no son aplicados, debido a su falta de planificación puesto que siguen modelos tradicionales y no toman en cuenta la optimización de sus recursos y procesos por lo cual origina una baja productividad.

En Colombia, realizaron un artículo donde expusieron que planificar la producción es un tema irrelevante para algunas empresas en su país, debido a que ocasiona pérdidas de oportunidades en las metas que tiene la organización, asimismo causa la incertidumbre en el ambiente laboral puesto a que los colaboradores no quieren someterse a cambios pues tienen desmotivación pues la remuneración que perciben es baja y consideran que al haber cambios sus rutinas laborales serán más largas [1].

Asimismo, en México las empresas molineras cuentan con un bajo índice de productividad donde originan el estancamiento de los procesos, es decir, hacen lento su desarrollo, por la poca eficiencia que tienen, generando poca coordinación con los proveedores que tienen y por ende haciendo mal uso de sus recursos, asimismo consideran innecesario la inversión en la innovación, así como en la capacitación de los colaboradores lo cual genera una estructura productiva deficiente [2].

Por otro lado, en Chile generar el aumento de productividad resulta un problema frecuente por lo que ello conlleva a minimizar los costos de fabricación e implantar una mejora continua en la producción, de manera que logre generar mayor utilidad para la empresa, ante ello surge la necesidad de usar métodos que simplifiquen dicha tarea para lograr una toma de decisiones correcta en las distintas actividades que se involucren [3].

En Cuba, el sector molinero hoy en día determinar las variables que competen al desarrollo de la productividad es fundamental debido a que orienta hacer la producción más rentable, asimismo permite a las organizaciones poder generar recomendaciones acerca de la fabricación de los productos para así poder optimizarlos, debido a que se planificaría la producción de acuerdo a la demanda posible [4].

En Ecuador, actualmente la economía dejó en paralización al sector molinero debido a que su crecimiento no es nada alentador pues el ingreso de nuevos competidores genero un grave impacto, de acuerdo a este panorama se muestra la claridad de querer mejorar los procesos productividad en las fábricas que conlleven a más ventas [5]. Asimismo, en Lima, los sistemas de producción utilizados en los procesos, implica la combinación de factores como los colaboradores, materia prima, maquinaria y métodos, donde dichos factores intervienen en la producción de un producto o en la posible prestación de servicio [6]. Es por ello, que el objetivo principal es la evaluación de dicho sistema para poder mejorar la planificación de este mismo, con el fin de poder identificar los puntos críticos y obtener la información pertinente para poder realizar los sistemas de planificación con el uso de técnicas y metodologías aplicándolo de acuerdo a la realidad de la empresa desde el sistema productivo hasta su gestión para así poder realizar un análisis y evaluación de este mismo.

En Tacna, las empresas molineras buscan obtener cada vez un mayor rendimiento económico y un mejor posicionamiento en el mercado, la falta de planificación de la producción es un problema que afecta indudablemente a la eficiencia económica, puesto que la empresa en estudio tenía un bajo nivel de información lo cual no les direccionaba a tener un claro enfoque en la planificación, debido a que recurrentemente no lograban satisfacer la demanda con la que contaban [7].

Por otro lado, en Trujillo las organizaciones dedicadas a la producción de arroz son quienes generalmente afrontan constantemente problemas al no utilizar adecuadamente los

recursos a disposición, por ende, no logran maximizar sus ganancias, por ello se considera el uso de diferentes métodos para poder lograr una adecuada gestión que logre aumentar la productividad [8]. De igual forma, en Pasco, el diseño de la planificación de la producción de las empresas va a lograr el incremento de la productividad en el sector molinero para así tener en cuenta la adecuada manipulación de existencias y no generar un sobre inventario de recursos lo cual no logre beneficioso para la empresa [9].

En la región de Lambayeque, las empresas molineras usualmente no generan una buena rentabilidad puesto que no planifican las estrategias financieras a las que se van a someter debido a que la gestión de sus recursos no es el adecuado, originado por la falta de planificación y la deficiente productividad que se tiene en el abastecimiento de la materia prima e insumos debido a que constantemente faltan y no se abastece correctamente para poder producir lo requerido [10].

En Pimentel el problema más frecuente en las empresas molineras es la baja productividad que constantemente tienen debido a la improvisación de la planificación y al no tener un uso adecuado de los recursos que tienen asignado por ello optaron por utilizar softwares los cuales les sirvan como herramienta para poder mejorar en dichos factores [11].

En la investigación denominada “Planificación de la producción de arroz y manejo eficiente del agua en un sistema de irrigación mediante programación”, su objetivo fue crear una determinada herramienta de modelado matemático que utiliza el enfoque de enteros mixtos lineales y algoritmos precisos o aproximados para calcular dos de los factores más importantes como la superficie y sobre todo enfocarse en el modelo de cultivo que fuera más óptimo para plantar con respecto al sistema de riego, al igual que con el enfoque de Ramificación, los factores utilizados en el proceso de resolución de problemas son como el clima, el tipo de cultivo, cuanta disponibilidad de tierra se tiene, entre otros. El análisis realizado recomendó el patrón de cultivo y la superficie óptimos para plantar, pero también

maximizó la ganancia general al final del ciclo de producción y mejoró el consumo de agua, por lo que se tomó la decisión de sembrar el cultivo de maíz. para ganar \$7,100 con una necesidad de agua de 1000 m³, y para la cebada ganar \$7,068 [13].

En la empresa molinera Santa Beatriz S.A.C., actualmente existen problemas tales como: la deficiente planificación y control de la producción lo cual representa un desafío, debido a que no se logra cumplir con la demanda, generando pérdidas económicas. Durante el periodo de noviembre del 2021 a octubre del 2022, no se percibió S/ 209,061.17 representado en el 16.66% de sus utilidades.

De acuerdo a ello, se propone la presente investigación con el objetivo de aumentar la productividad en el molino mediante la aplicación de la programación lineal y así determinar una adecuada solución para aquellas deficiencias que se detecten en las líneas del área de producción logrando la optimización de las mismas.

I.2. Formulación del problema.

¿Cómo puede aumentar la productividad en la empresa molinera aplicando la programación lineal entera?

I.2.1. Justificación e importancia del estudio.

Las organizaciones deben adoptar una estrategia de programación y planificación de la producción para poder rivalizar y prosperar en el mercado globalizado y en evolución actual, es importante para las empresas porque les permite adaptarse de manera efectiva a la demanda y lograr las metas de producción estimadas. Debido a esto, sugerimos en este esfuerzo de estudio un enfoque de programación lineal entera para la planificación y programación de la producción, dado que proporciona una forma de aumentar el rendimiento de respuesta a los posibles cambios en la demanda de sus productos.

Esta herramienta debe ser utilizada de una manera eficaz posible para que las organizaciones maximicen sus recursos, logren satisfacer la demanda y con ello

incrementar la productividad. Debido a esto, sería muy beneficioso para ellos reducir costos en términos de mano de obra, materiales y equipos. Al hacerlo, serían más competitivos con respecto a otras entidades de su categoría. Además, este estudio sirve como modelo para otras empresas regionales que tengan el mismo objetivo.

I.3. Hipótesis.

La aplicación de la programación lineal entera aumenta la productividad en una empresa molinera, Lambayeque 2022.

I.4. Objetivos

1.4. Objetivo general

Aplicar la programación lineal entera para el aumento de la productividad en una empresa molinera, Lambayeque 2023.

1.5. Objetivos específicos

Diagnosticar la situación actual del área de producción del molino mediante el diagrama de Pareto.

Desarrollar el modelo planteado de programación lineal entera en el software especializado (TORA) para el cálculo del aumento de la productividad.

Realizar el análisis Beneficio-Costo de la propuesta realizada en la empresa molinera.

1.5. Teorías Relacionadas al tema

1.5.1. Programación lineal

La investigación de operaciones (OR), que generalmente se usa para abordar problemas de asignación de recursos, utiliza el método cuantitativo de programación lineal. Por otro lado, los puntos de vista primo y dual pueden usarse para describir la programación

lineal. Se describe en el primero como un instrumento cuantitativo para tratar temas de programación de actividades, y en el segundo como un método cuantitativo para tratar temas de consignación de recursos. Dado que ambos son precisos, este estudio utilizará ambos términos por igual. El propósito y la estructura del sistema deben poder expresarse mediante funciones lineales en ambas técnicas.

1.5.2. Importancia de la programación lineal.

Una de las mejores herramientas disponibles para mejorar el consumo de recursos es la programación lineal. El modelo de distribución recibe la mayor consideración porque tiene características gráficas que facilitan la comprensión del proceso de distribución y se prestan a cálculos manuales. Estas características también sirven para resaltar la importancia de la planificación agregada para asignar conjuntamente los recursos para la producción.

1.5.3 La programación lineal de enteros

La naturaleza de esta programación son variables enteras. Asimismo, el método utilizado para resolver algoritmos de enteros se utiliza para resolver problemas lineales de enteros mixtos (o viceversa). Un algoritmo de ramificación y poda, por ejemplo, puede emplear flexibilización lineal y limitar el uso de su mecanismo de ramificación a variables enteras.

1.5.4. Formulación general del problema de Programación Entera

El modelo matemático de la programación lineal es de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{Optimizar} \quad & z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n && (1 - 6a) \\
 \text{Sujeto a:} \quad & a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \{\leq, =, \geq\} b_1 \\
 & a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \{\leq, =, \geq\} b_2 \dots && (1 - 6b) \\
 & a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \{\leq, =, \geq\} b_m \\
 & x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0
 \end{aligned}$$

Donde :

Z_0 = función objetivo, la cual puede maximizar o minimizarse

x_j = Variable de decisión (actividad) $j = 1, 2, \dots, n$

c_j = Coeficiente de la variable x_j en la función objetivo

El propósito, las limitaciones tecnológicas o estructurales, que pueden ser del tipo (\leq), (\geq), o ($=$), y las condiciones técnicas, a menudo se separan en el modelo matemático general del LP establecido, o neutro.

1.5.5. Fases de la Programación Lineal

Variable de decisión

Las variables de decisión en cualquier modelo de programación lineal deben reflejar con precisión las opciones que deben tomarse.

$$x_i = (j = 1, 2, \dots, n)$$

Función Objetivo

Para plantear una función objetivo toda empresa tiene que tener la información necesaria para tomar o establecer una función, deseando incrementar la utilidad, es por ello que, la función objetivo se expresa así:

$$nz \text{ (maximo)} = \sum_{j=1} c_j x_j$$

Restricciones

Son aquellas restricciones que encontramos en un problema específico, estas se van a poder expresar mediante flexibles desigualdades.

$$n \sum A_{ij} x_j \leq B_i \text{ para todo } j=1$$

Métodos Computarizados para Programación Lineal Entera

Por ser una forma más eficaz, el uso de sistemas informáticos en las empresas ha evolucionado en los últimos años. Hay varias aplicaciones de software en el PLE que cumplen una variedad de propósitos, incluidos los que se enumeran a continuación:

- Para crear y determinar modelos de programación lineal en una hoja de cálculo, use Excel y Premium Solver.
- MPL/CPLEX, que se utiliza para crear y resolver modelos de programación lineal complicados.
- Lingo (junto con Lindo), que ofrece un algoritmo diferente y resuelve de manera efectiva problemas complicados de programación lineal.
- Hermoso; formulación y solución de modelos sencillos.
- Windows Tora, que simplifica y agiliza el manejo de problemas relacionados con la programación lineal. Tora tiene la desventaja de que la configuración de la pantalla debe cambiarse para adaptarse a sus configuraciones de píxeles, pero una de sus ventajas es que se puede usar en computadoras de 32 y 64 bits.

Productividad

La productividad es la relación que existe entre entradas y salidas de la producción, también es representada tomando en cuenta el total de los procesos productivos [25].

Por otro lado, [6] aseguran de que la variable en cuestión sea la relación entre los recursos y la capacidad total de producción, por lo que la productividad se define como la agrupación de acciones a realizar para poder obtener un óptimo resultado, dichas acciones se realizan con menores recursos o equivalentes lo cual se considera que tienen un alto índice productivo.

Asimismo, la productividad tiende a solucionar inconvenientes como los impuestos, desempleo, déficit comercial e inflación [26].

Tipos de Productividad

[20] define a la productividad en los siguientes tipos:

- P. Global: Engloba a las unidades con el uso de los recursos totales.

$$\textit{Productividad Global: } \frac{\textit{Producción obtenida}}{\textit{Mano de obra+Materia Prima+Tecnología+Energía+Capital}}$$

- P. Parcial: Donde la producción es directamente proporcional por aquellos factores que se usan o intervienen.

$$\textit{Productividad (Recurso Humano)} = \frac{\textit{Producción obtenida}}{\textit{Mano de Obra}}$$

$$\textit{Productividad (Materia Prima)} = \frac{\textit{Producción obtenida}}{\textit{Materia Prima}}$$

Importancia de la productividad

La importancia que tiene la productividad recae en el aumento de la calidad en todos los aspectos, es decir, de vida social, en las empresas u organizaciones, políticamente y sobre todo económicamente; cuando se realiza un análisis de tendencia a un largo plazo en un país esto ayuda a que se genere dos elementos fundamentales, el primero consta del crecimiento de la población con la tasa de ocupación y la segunda que son los factores productivos, los cuales son:

Ahorro de costos, es prevenir a inversión para aquello que se cree inapropiado y no va de acorde a las metas establecidas.

Ahorro de tiempo, cuando las actividades son realizadas en un menor tiempo que se crea posible y emplear dicho tiempo restante en el mejoramiento del sistema, el análisis de estos dos elementos va a permitir tener una mejor relación con los equipos, colaboradores, recursos y otros elementos que ayudan a incrementar la producción.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación utilizada para el presente trabajo es de tipo explicativa y tiene un diseño cuasi-experimental ya que pretende describir cómo se comportan ambas variables en una situación específica y en el tiempo. Como resultado, la investigación pretende realizar un diseño propositivo que sea ventajoso para la entidad si decide aplicarlo en el futuro, en lugar de cambiar o manipular las variables para cambiar la realidad. [5]

2.2. Variables y operacionalización.

2.2.1. Variables

Variable Independiente

Programación lineal entera

Variable Dependiente

Productividad

2.2.2. Operacionalización

Tabla 1. Operacionalización

<i>Variables</i>	<i>Definición Conceptual</i>	<i>Definición Operacional</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Instrumento</i>	<i>Valores finales</i>	<i>Tipo de Variable</i>	<i>Escala de Medición</i>
<i>Variable independiente : Programación lineal entera</i>	<i>Son programas lineales que aparecen naturalmente en muchas aplicaciones y tienen algunas variables que deben tomar valores enteros.</i>	<i>La programación lineal será medida a través de las dimensiones de variable de decisión, función objetivo y restricciones,</i>	Variables de decisión	$X_{it}, Y_{it}, Q_{it}, \dots, Z_{nn}$	Análisis documentario	%	<i>Cuantitativa continua</i>	Razón
			Función Objetivo	Min $W = B_1 * Y_1 + B_2 * Y_2 + \dots + B_n * Y_n$	Entrevista			
			Restricciones	$A_{ij} * X_i \leq b_i$ $A_{ij} * X_i \geq b_i$ $A_{ij} * X_i = b_i$	Análisis documentario <i>Entrevista</i>	%		Razón

Variable dependiente: Productividad	<i>La productividad es una medida económica por lo que nos va a permitir calcular cuántos bienes y servicios se generaron por cada elemento utilizado.</i>	<i>La productividad será medida a través de la dimensión de materia prima, mano de obra y maquinaria.</i>	Materia Prima.	$\frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Costo de materia prima}}$	Análisis documental	%.	Razón
			Mano obra	$\frac{\text{Unidades producidad}}{\text{Costo de mano de obra}}$	Análisis documental		Cuantitativa continua
			Maquinaria	$\frac{\text{Unidades Producidas}}{h-M}$	Análisis documental		

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

La población la presente investigación fue conformada por el área de producción de la empresa molinera, Asimismo, la muestra estuvo integrada por las dos líneas de producción, donde el supervisor encargado del área nos proporcionó la información documentada requerida, para el desarrollo de los objetivos propuestos.

[27] La muestra es un segmento de la población general utilizada para el estudio. Existen métodos para obtener el tamaño de la muestra como fórmulas lógicas.

En relación al proceso de muestreo, se puede expresar que se utilizó un enfoque no probabilístico por conveniencia. Esto se debe a que se optó por seleccionar las muestras de forma conveniente, tomando en cuenta la facilidad de acceso a la información, la cual fue proporcionada por la empresa.

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

Para la recolección de datos se elaboró instrumentos que permitieron identificar la información necesaria para el desarrollo de esta investigación, por lo que se tuvo en cuenta datos relevantes para que posteriormente sean procesados. Es por ello, que se utilizaron los siguientes:

La entrevista, permitirá el recojo de datos la cual se realizará con el jefe de área de producción del molino, donde se hará uso de preguntas cerradas con el fin de conocer los problemas existentes en el área. (*Anexo N°02*)

En esta técnica se establecieron preguntas con relación al proyecto de investigación en forma de dialogo, donde tuvo como fin recepcionar información de carácter cuantitativo que sea relevante para la presente investigación, de manera

que el recojo sea de forma pertinente y concisa. La entrevista es una técnica altamente ventajosa pues facilita la obtención de datos para la investigación y así recabar datos a través del hecho de establecer un dialogo [11].

Análisis documental, es una técnica de gran utilidad para examinar datos o procesos los cuales deben ser elaborados mediante un documento conforme a las dimensiones e indicadores de las variables, en este caso es la productividad que se tiene en la empresa molinera. El análisis documentario, se caracteriza por ser dinámico, es decir, permite presentar el contenido de un documento de manera diferente a la que se tiene originalmente, generando un nuevo documento [17].

(Anexo N°04)

Es una técnica de gran utilidad para examinar datos o procesos los cuales deben ser elaborados mediante un documental conforme a las dimensiones e indicadores de las variables, en este caso en la presente investigación la cual es la productividad que se tiene en la empresa molinera [28].

Por otro lado, la validación de los instrumentos fue realizada por 2 expertos en la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Señor de Sipán y 1 ingeniero civil, tal como se muestra en *Anexo N°03*, a continuación, se muestra una tabla sobre los expertos que validaron nuestros instrumentos:

Tabla 2. Validación de Expertos

EXPERTOS			CARRERA	CIP
			PROFESIONAL	
Armas	Zavaleta	José	Ingenieria industrial	N°221101
Manuel				
Supo Rojas Dante			Ingenieria industrial	N°37683
Oswer Prado Trujillano			Ingenieria civil	N°83486

Fuente: Elaboración Propia

La confiabilidad se refiere a la posibilidad de replicar un estudio, lo cual implica que, si otro investigador utiliza las mismas estrategias de recolección de datos o métodos, obtendrá resultados similares.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

En la presente investigación se estableció técnicas e instrumentos para la recolección de datos de acuerdo a las variables estudiadas, asimismo se procesó dicha información haciendo uso del programa Tora, para luego proceder a interpretar los resultados y consecuentemente a establecer el modelo matemático donde se buscó aumentar la productividad teniendo en cuenta las restricciones y variables que intervienen para su cumplimiento, y así poder optimizar la función objetivo planteada.

2.6. Criterios éticos

Este proyecto de investigación cumplió con los criterios éticos establecidos por la Universidad Señor de Sipán.

Autenticidad: Las herramientas utilizadas para la adquisición de datos a lo largo del levantamiento del cuestionario indica la autoría de la presente investigación certificando y valorando la originalidad del documento o certificado como veraz o seguro.

Objetividad: Para el estudio de la situación real de la organización se utilizaron criterios técnicos y neutrales, que sirven a la veracidad de los datos

La confidencialidad: Mantiene relación con la información que se encuentra en los expedientes judiciales, por ejemplo, como en el caso de esta consulta, así como con el anonimato de la identidad de los participantes y la privacidad de los datos relacionados con su participación. El objetivo es salvaguardar a los

participantes y evitar que sus contribuciones causen problemas a otras personas, en definitiva. (*Anexo N°01*)

Consentimiento informado: Nos permite aplicar los instrumentos a todos los trabajadores del área de producción, previa autorización y consentimiento de los mismos, de esta manera se ingresa a las instalaciones para realizar los análisis correspondientes.

Reflexividad: Trata de no involucrar al investigador en un papel de protagonista sino de investigador autocrítico.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1. Diagnóstico de la empresa

III.1.1. Información general

a. Razón Social:

MOLINO SANTA BEATRIZ S.A.C.

b. RUC:

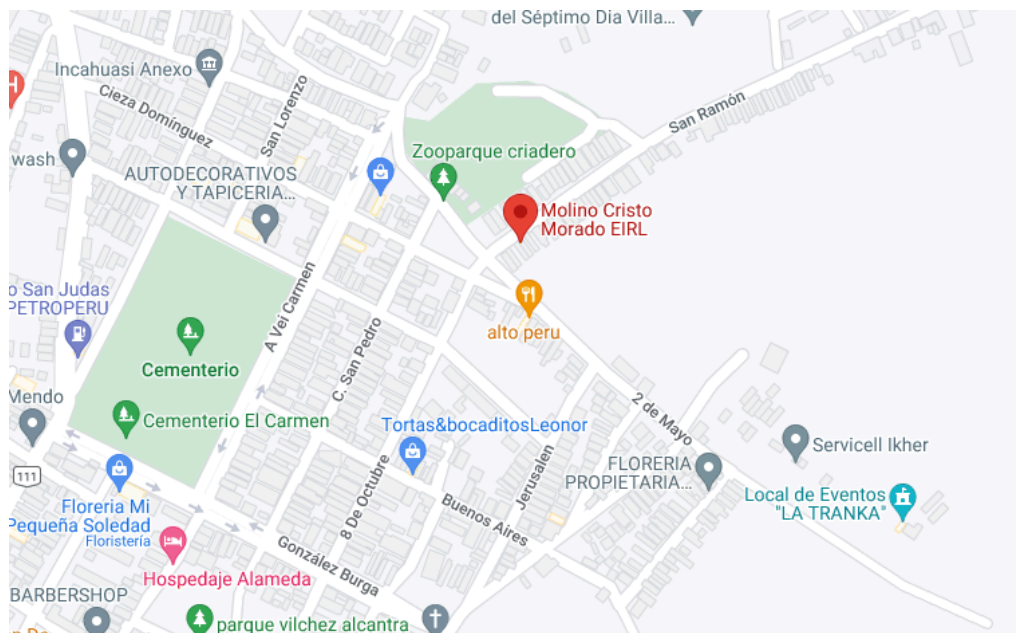
20480821573

c. Actividad económica

Principal - 1061 - ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE d. MOLINERÍA

d. Dirección:

Carretera a Ferreñafe km. 2 – Lambayeque.



Fuente: Google Maps

e. Visión

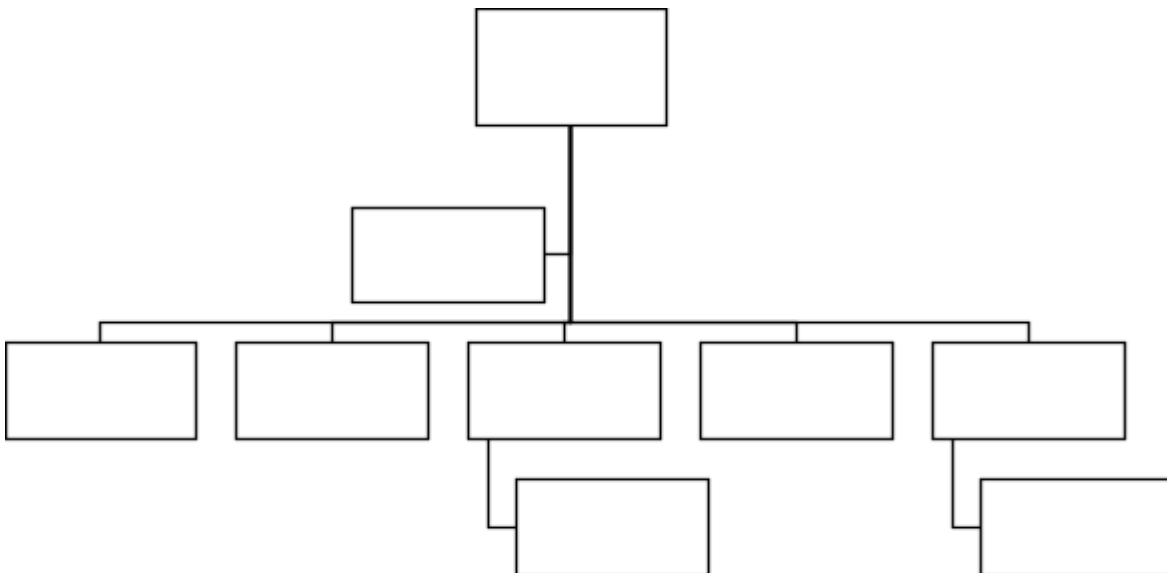
Para el 2026 consolidarse como una empresa exportadora, asimismo ser líder en el departamento de Lambayeque, con capacidad de innovación, para lograr la mejora continua y así controlar los impactos del entorno.

f. Misión

Santa Beatriz S.A.C. es una empresa Molinera especializada en el pilado de grano de arroz, su misión es seguir conformada por colaboradores comprometidos con lograr la calidad del servicio a los clientes.

g. Organigrama

Figura 2. Estructura organizacional de la empresa molinera



III.1.1.1. Información específica

- a. Mano de obra: El molino cuenta con 8 trabajadores para el proceso de producción del arroz
- b. Maquinaria: El proceso de pilado de arroz utiliza una variedad de maquinaria especializada, que desempeña roles específicos en cada etapa del proceso. Algunos equipos comunes involucrados en el proceso de pilado de arroz son:

Tabla 3. Maquinaria de la empresa

N°	MAQUINARIA	CANT
E1	PRE-LIMPIA	2
E2	DESCASCARADORA	2
E3	CIRCUITO DE DESC.	2
E4	PULIDORA	2
E5	CALIBRADORES	2
E6	CLASIFICADOR	4
E7	SELECTORA	2
E8	ELEVADORES	8
E9	BALANZAS	2

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

c. Productos

- ARROZ AÑEJO (A1)
- ARROZ NIR (A2)
- ARROZ FRESCO GRANO (A3)
- ARROZ GRANO AÑEJO (A4)
- ARROZ GRANO POPULAR (A5)
- ARROZ GRANO LARGO (A6)

- ARROZ RIBE (A7)

d. Sub Producto

- ARROCILLO
- RECHAZO

e. Funcionamiento de las líneas de producción

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 4. Línea de Producción

LINEA DE PRODUCCION DE PILADO DE ARROZ	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
L1	●	●	●	●	●	●	●
L2	●	●	●	●	●	●	●

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

III.1.2. Descripción del proceso productivo

El proceso productivo del arroz abarca diversas etapas, el proceso de pilado de arroz es una etapa fundamental en la producción del arroz, es por ello, que esta empresa cuenta con dos líneas de producción para todos los tipos de arroz, la primera línea de producción se central en los tipos de arroz con mayor demanda y la segunda línea de producción los otros tipos de arroz restante, a continuación, detallaremos el proceso productivo de ambas líneas.

a. Recepción de la materia prima

La materia prima proveniente de los campos de cultivo es recepcionada mediante una tolva, donde se verifica que debe de tener entre un 26% a 30% de

humedad, en la entrada del molino se procede a tomar una pequeña muestra para poder determinar dicho porcentaje en el laboratorio.

b. Pre Limpieza

El arroz es llevado a una maquina especializada en limpiar donde cuenta con mallas que se encargan de hacer posible este proceso y cuentan con una capacidad aproximada de 100 sacos /h, luego el arroz es transportado mediante cangilones a la máquina de secar.

c. Pre Secado y Secado (Natural)

Para el secado, el arroz es transportado a dicha maquina la cual tiene una capacidad de 34 toneladas y está a una temperatura de 35°C, dentro de esta máquina se está en constante movimiento para poder reducir a un 14% de humedad al arroz y que se cumpla con los estándares requeridos.

Para el secado natural, el arroz es llevado al aire libre a una zona específicamente para ese proceso donde usan sacos de polipropileno, este proceso dura alrededor de 6 horas a 7 horas de acuerdo al producto que se requiera.

d. Descascarado

Este proceso se realiza en una maquina donde mediante dos rodillos que giran a su inversa, para así poder obtener la pajilla y el arroz.

e. Separación del arroz sin o con cascara

El arroz es seleccionado en 3 grupos para luego, regresar a la descascaradora, el otro va a mesa para el otro proceso y el ultimo ingresa a la pulidora.

f. Blanqueado o Pulido

Este proceso consta de dos pasadas por la pulidora donde la primera debe salir a un 30% el polvillo que contiene, seguidamente el otro pulido que debe alcanzar a un 60% para luego proceder a dar el brillo al grano.

g. Clasificación

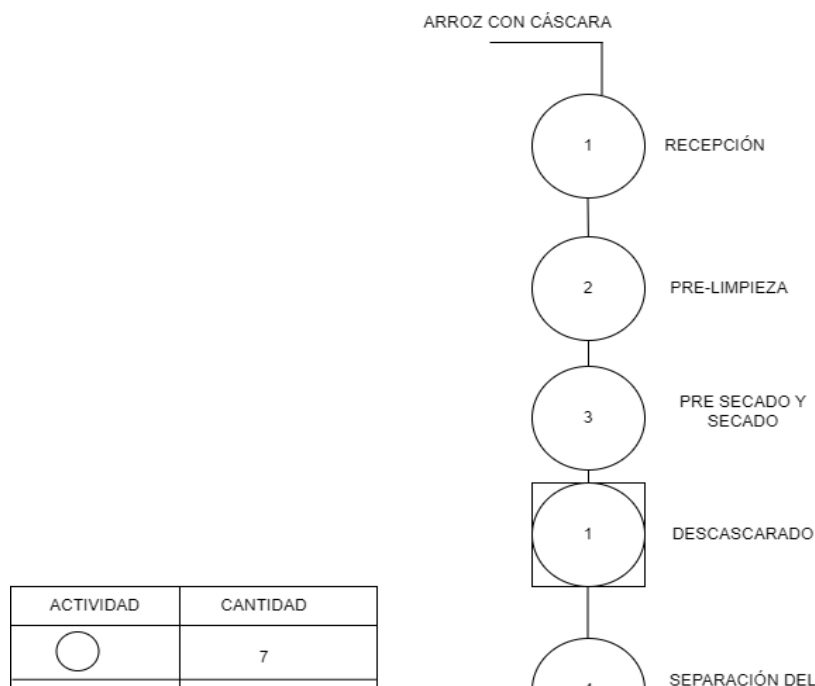
Este proceso consiste en separar los granos que se encuentran quebrados o tienen rasgos no estandarizados los cuales no son requeridos para poder obtener el producto final.

h. Selección

En la selección se distinguen los granos que se encuentran con rasgaduras, manchas para poder conseguir a los granos enteros y sin ningún rasgo fuera de lo común y que afecte a la calidad del producto, asimismo se considera el tamaño y color de estos.

i. Envasado

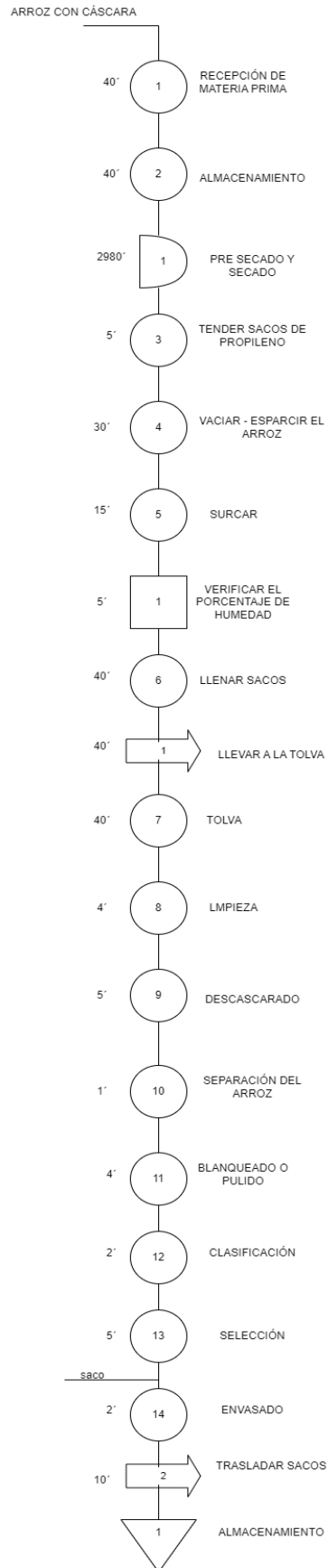
Esta es la etapa final del arroz, donde es envasado mediante los sacos de 50kg, 10kg y 20 kg los cuales van a ser entregados a los compradores para finalmente ser comercializados.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4. DAP del proceso del arroz.

ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
○	233
□	5
→	50
▷	2980
▽	1
TOTAL	3268



Fuente: Elaboración Propia

III.1.3. Análisis de la Problemática

En el área de producción existe una problemática referente a la asignación de tareas para el cumplimiento con la demanda, ello genera pérdida en las utilidades, tal y como se observa en las siguientes tablas:

Tabla 5. Demanda no atendida (Periodo noviembre 2021 – octubre año 2022)

Producto	Producción en Kg	Demanda	Demanda No atendida en kg
ARROZ AÑEJO (A1)	585,874.89	654,783	68,908.11
ARROZ NIR (A2)	187,278.18	193,221	5,942.82
ARROZ FRESCO GRANO (A3)	256,903.56	282,398	25,494.44
ARROZ GRANO AÑEJO (A4)	457,784.50	563,409	105,624.50
ARROZ GRANO POPULAR (A5)	278,678.45	294,058	15,379.55
ARROZ GRANO LARGO (A6)	634,931.56	759,201	124,269.44
ARROZ RIBE (A7)	213,554.02	292,340	78,785.98
TOTAL	2,615,005.16	3,039,410	424,404.84

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

La demanda no atendida como se observa en el cuadro anterior puede tener consecuencias negativas para el molino tal como, la pérdida de clientes, disminución de la satisfacción del cliente y oportunidades de negocio desaprovechadas. Por lo tanto, es importante que el molino evalúe y gestione adecuadamente su capacidad de producción, así como implemente estrategias de planificación y programación para minimizar la demanda no atendida y garantizar la satisfacción del cliente. (Anexo N°06)

Tabla 6. Utilidad percibida (Periodo noviembre 2021 – octubre año 2022)

Producto	Utilidad	Producción Kg	en Producción en sacos	Total Utilidad Percibida
ARROZ AÑEJO (A1)	S/ 18.39	585,874.89 Kg	11717	S/ 215,475.63
ARROZ NIR (A2)	S/ 29.35	187,278.18 Kg	3746	S/ 109,945.10
ARROZ FRESCO GRANO (A3)	S/ 27.89	256,903.56 Kg	5138	S/ 143,298.82
ARROZ GRANO AÑEJO (A4)	S/ 22.71	457,784.50 Kg	9156	S/ 207,932.76
ARROZ GRANO POPULAR (A5)	S/ 19.52	278,678.45 Kg	5574	S/ 108,804.48
ARROZ GRANO LARGO (A6)	S/ 28.96	634,931.56 Kg	12699	S/ 367,763.04
ARROZ RIBE (A7)	S/ 25.42	213,554.02 Kg	4271	S/ 108,568.82
TOTAL		2,615,005.16 Kg	52300	S/1,261,788.65

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Durante el período comprendido entre noviembre y octubre entre los años 2021 y 2022, la empresa se enfocó en priorizar la producción de arroz siguiendo el orden de los pedidos recibidos. Esto significa que la empresa asignó los recursos y la capacidad de producción de manera que los pedidos de sacos de arroz se procesaran y entregaran en función de su secuencia de solicitud. Esta estrategia aseguraba que los clientes recibieran sus pedidos en el orden en que fueron realizados, lo que puede contribuir a mantener la satisfacción del cliente y cumplir con los compromisos establecidos. Al dar prioridad según el orden de pedidos, la empresa pudo gestionar eficientemente su flujo de trabajo y asegurarse de que los productos se entregaran de manera oportuna a sus clientes. Observando los resultados, es importante que el molino se esfuerce por mejorar constantemente la utilidad percibida, entendiendo las necesidades y expectativas de los

clientes, y trabajando en la calidad de los productos, la variedad, la conveniencia y el servicio al cliente. Al proporcionar una alta utilidad percibida, el molino puede generar una ventaja competitiva y fomentar la fidelidad de los clientes.

Tabla 7. Utilidad de demanda no atendida (Periodo noviembre 2021 – octubre año 2022)

Producto	Utilidad	Demanda no atendida en Kg	Producción en sacos	Total de Utilidad no percibida
ARROZ AÑEJO (A1)	S/ 18.39	68,908.11 Kg	1378	S/ 25,341.42
ARROZ NIR (A2)	S/ 29.35	5,942.82 Kg	119	S/ 3,492.65
ARROZ FRESCO GRANO (A3)	S/ 27.89	25,494.44 Kg	510	S/ 14,223.90
ARROZ GRANO AÑEJO (A4)	S/ 22.71	105,624.50 Kg	2112	S/ 47,963.52
ARROZ GRANO POPULAR (A5)	S/ 19.52	15,379.55 Kg	308	S/ 6,012.16
ARROZ GRANO LARGO (A6)	S/ 28.96	124,269.44 Kg	2485	S/ 71,965.60
ARROZ RIBE (A7)	S/ 25.42	78,785.98 Kg	1576	S/ 40,061.92
TOTAL		424,404.84 Kg	8488	S/ 209,061.17

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

En la empresa, hay una demanda insatisfecha que está generando pérdidas significativas, esta demanda no atendida implica que los clientes desean adquirir otros productos que podrían generar mayores beneficios y utilidades para la organización. Al no poder satisfacer esta demanda, la empresa está perdiendo la oportunidad de obtener ingresos adicionales y maximizar su rentabilidad. Es importante abordar esta situación para identificar las causas de la demanda no atendida y buscar soluciones que permitan satisfacer las necesidades de los clientes, aumentar la oferta de productos rentables y aprovechar al máximo el potencial de la organización.

III.1.3.1. Resultados de la aplicación de instrumentos

De acuerdo a los instrumentos aplicados en la presente investigación sobre entrevistas, ejecución de la encuesta y el análisis documental se obtuvo las siguientes respuestas las cuales se resumen en ello.

Entrevista

En la investigación se realizó una entrevista a el ingeniero de planta de producción del Molino Santa Beatriz S.A.C., con el objetivo de que nos brinde información concisa acerca del proceso de producción del arroz, asimismo está conformada por 10 preguntas.

Tabla 8. Respuestas de Entrevista

Interrogantes	Respuestas
Pregunta N°1: ¿Cuál es la capacidad de producción del molino?	La capacidad de producción es de 50 sacos de arroz por hora.
Pregunta N°2: ¿Utilizan una herramienta - (Software) para proyectar la demanda de la producción?	No, actualmente no contamos con ninguna herramienta para poder planificar la producción mensual, nos falta personal especializado el cual pueda realizar esa función, en sí, la producción se realiza aumentando un 10% al mes anterior según las ventas y stock que se tiene.
Pregunta N°3: ¿Existen actualmente inconvenientes en el área de producción?	Sí, nos cuesta mucho la planificación de la producción de cada tipo de arroz, habiendo constantes fallas, lo cual genera constante retraso en la producción, además de que los colaboradores que trabajan en el área

de calidad demoran en sacar las pruebas del arroz en el laboratorio debido a que no se les entrega a tiempo las muestras.

Pregunta N°4: ¿Conoce respecto a la herramienta de programación lineal?

En realidad, no, no estoy enterado de eso.

Pregunta N°5: ¿Cuántos trabajadores laboran en el área de producción?

Ahora contamos con 14 colaboradores.

Pregunta N°6: ¿Cuál es la cantidad de materia prima utilizada mensualmente?

Varía según el mes, el stock. Pero aproximadamente entre 100k kilogramos a 600k kilogramos a más, es según la temporada.

Pregunta N°7: ¿Qué equipos son utilizados en la producción?

La Máquina de secado, pulido, descascaradora.

Pregunta N°8: ¿Cuántas horas operan los equipos de producción mensualmente?

Alrededor de 243 horas de trabajo mensualmente, pero puede variar según la campaña.

Pregunta N°9: ¿Cuántas horas labora cada operario mensualmente?

Un operario trabaja 8 horas diario, lo cual mensualmente sería un aproximado de 192 horas mensuales.

Pregunta N°10: ¿Cuál es el costo de la hora de trabajo de cada operario?

A un operario se le está pagando 1400 soles mensuales, lo cual sería S/7.29 soles por hora.

Fuente: Elaboración Propia

Esta entrevista sirvió para la recolección de información concisa, donde se verifico que existen actualmente 7 tipos de arroz, cuentan con la producción de arrocillo, asimismo dichos productos son clasificados según el grano considerando el color, textura, añejado, lo cual genera que tenga alta demanda por parte de los consumidores, sin embargo, no logran dar cobertura a todo debido a que no cuentan con un plan de proyección de producción anual, sino que se considera según los pedidos que ya han tenido y no toman en cuenta que hay ciertos periodos de mayo a julio donde la demanda aumenta lo cual genera que se tenga un inventario de rentabilidad negativa produciendo pérdidas para la empresa, asimismo cabe recalcar que las maquinas no están siendo aprovechadas adecuadamente lo cual genera costos altos de producción y por ende perdidas.

Análisis Documentario

El análisis documentario de esta investigación implica examinar y evaluar los documentos relevantes desde el mes de noviembre del 2021 hasta octubre del 2022.

Documento N°1: Datos general

Tabla 9. Datos de la Producción del Molino

Productos	Capacidad de la planta (bolsas/mes)	Cantidad Horas hombre	Cantidad Horas-maq	Costo Horas hombre	Costo Horas maq	Precio de Venta	Capacidad de Inventario
Arroz pilado	4358	8h-diaria	6 a 7 h	S/7.29	-	S/80 (el regular)	10% más del mes anterior.

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Documento N°2: Datos H-H

Tabla 10. Datos sobre horas hombre utilizadas

Meses	Nov-21	Dic-21	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Sep-22	Oct-22
Horas Hombre Utilizadas	200	199	198	210	195	202	205	208	198	198	200	203

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Documento N°3: Sacos 2020-2021

Tabla 11. Producción de sacos de arroz (Periodo Nov-2020 al Oct-21)

Productos	PRODUCCIÓN NOV-2020 AL OCT- 21											
	Nov-20	Dic-20	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Sep-21	Oct-21
ARROZ AÑEJO (A1)	730	240	830	940	1302	1200	1721	1111	444	774	299	1010
ARROZ NIR (A2)	392	315	148	735	223	215	98	270	520	172	80	90
ARROZ FRESCO GRANO (A3)	289	362	320	275	710	211	422	1033	390	134	120	110
ARROZ GRANO AÑEJO (A4)	235	441	600	434	1113	732	552	2130	1004	580	290	280
ARROZ GRANO POPULAR (A5)	428	265	710	441	815	482	910	820	220	192	321	143
ARROZ GRANO LARGO (A6)	146	500	500	237	309	3802	2900	1290	710	380	700	270
ARROZ RIBE (A7)	453	200	100	92	310	420	479	410	524	410	205	150

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Como observamos, en términos generales, la producción de sacos de arroz en un periodo de un año puede variar constantemente dependiendo de diversos factores, como la capacidad de producción de la empresa, la demanda del mercado, los recursos disponibles y otros factores externos

Documento N°3: Sacos 2021-2022

Tabla 12. Producción de sacos de arroz (Periodo Nov-2021 al Oct-22)

Productos	PRODUCCION ACTUAL											
	Nov-21	Dic-21	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Sep-22	Oct-22
ARROZ AÑEJO (A1)	840	265	760	940	1714	1400	1902	1340	530	780	219	1027
ARROZ NIR (A2)	560	286	150	735	478	215	98	281	529	172	196	46
ARROZ FRESCO GRANO (A3)	817	384	364	275	730	211	422	1242	400	134	79	80
ARROZ GRANO AÑEJO (A4)	389	562	671	434	1200	732	552	2398	1090	580	280	268
ARROZ GRANO POPULAR (A5)	390	230	672	441	720	482	910	903	278	192	206	150
ARROZ GRANO LARGO (A6)	780	451	599	237	377	3802	2900	1320	789	380	790	274
ARROZ RIBE (A7)	678	234	103	92	304	420	479	506	630	410	303	112

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Documento N°4: Subproductos

Tabla 13. Producción de subproductos (Periodo Nov-2021 al Oc-22)

PRODUCTOS		Nov-21	Dic-21	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22
ARROCILLO	TIPO A	530	457	561	547	609	563	734	594	625	863	656	631
	TIPO B	1033	1100	1211	1293	1649	1382	1471	1560	1738	1827	1916	2005
	TIPO C	1134	1278	1030	1043	835	991	939	887	783	731	679	627
	TIPO D	1208	1320	1110	1115	919	1066	1017	968	870	821	772	723
RECHAZO	SUPERIOR	1107	884	934	802	456	716	629	543	370	283	197	110
	COMBATE	1463	1332	1490	1455	1509	1469	1482	1496	1523	1536	1550	1563
	POLVILLO	5661	6740	5833	6250	8900	10079	8472	6508	9303	7892	6852	9221

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Documento N°5: Precio de venta del saco de arroz

El precio de venta del saco de arroz va a variar según la calidad del producto, es decir, se considera el tiempo de añejamiento, el tamaño y color del grano para poder establecer el precio y sacarlo al mercado.

Tabla 14. Precio de venta del saco de arroz

Producto	Código	Precio	Costo Real de Producción	Utilidad
ARROZ AÑEJO	A1	S/ 80.00	S/ 61.61	S/ 18.39
ARROZ NIR	A2	S/ 92.00	S/ 62.65	S/ 29.35
ARROZ FRESCO GRANO	A3	S/ 110.00	S/ 82.11	S/ 27.89
ARROZ GRANO AÑEJO	A4	S/ 115.00	S/ 92.29	S/ 22.71
ARROZ GRANO POPULAR	A5	S/ 120.00	S/ 100.48	S/ 19.52
ARROZ GRANO LARGO	A6	S/ 130.00	S/ 101.04	S/ 28.96
ARROZ RIBE	A7	S/ 140.00	S/ 114.58	S/ 25.42

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Tabla 15. Precio de Venta de Subproductos

Producto	Código	Precio	Costo Real de Producción	Utilidad
ARROCILLO TIPO A	D1	S/ 51.00	S/ 45.00	S/ 6.00
ARROCILLO TIPO B	D2	S/ 43.00	S/ 38.00	S/ 5.00
ARROCILLO TIPO C	D3	S/ 41.00	S/ 36.00	S/ 5.00
ARROCILLO TIPO D	D4	S/ 35.00	S/ 29.00	S/ 6.00

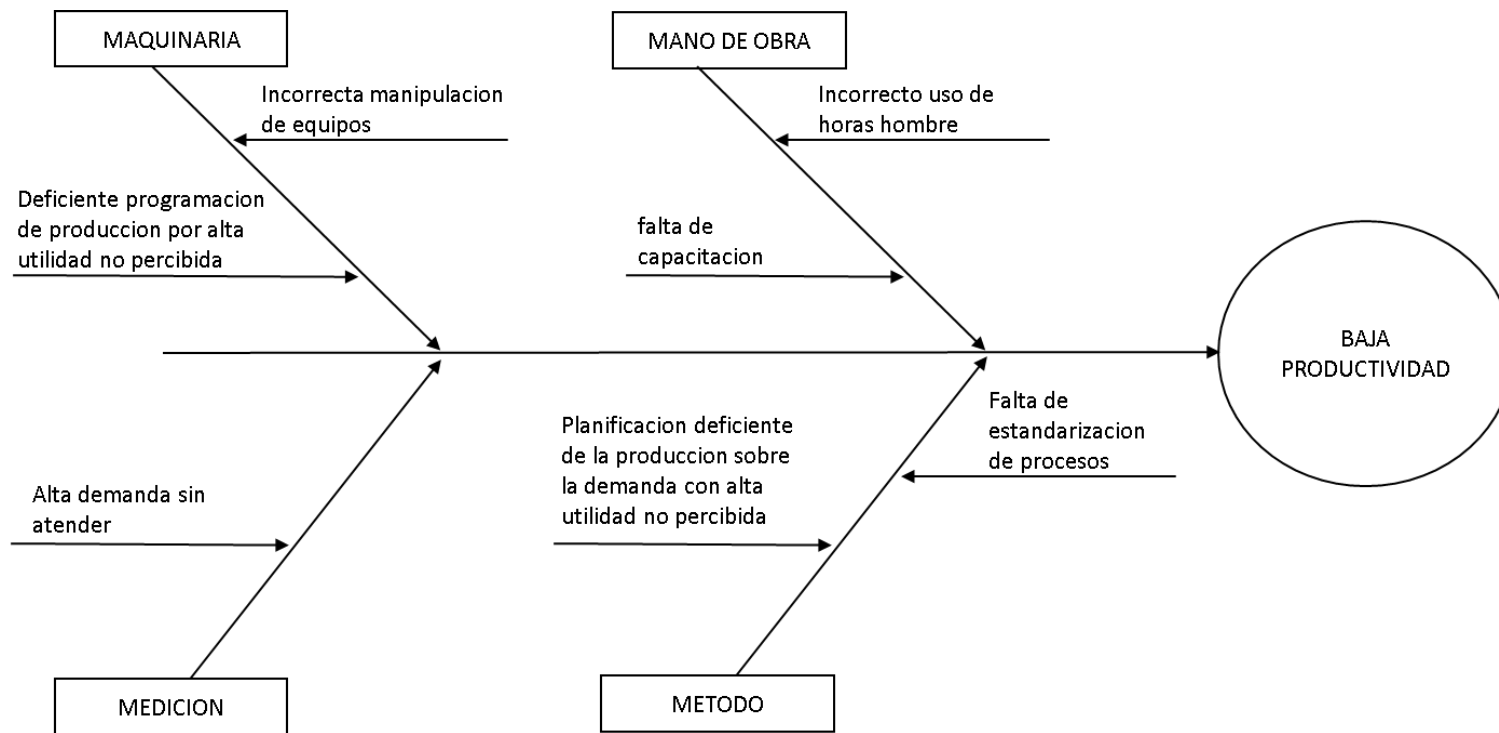
ARROCILLO TIPO E	D5	S/ 50.00	S/ 41.00	S/ 9.00
RECHAZO COMBATE	D6	S/ 75.00	S/ 69.00	S/ 6.00
POLVILLO	D7	S/ 50.00	S/ 43.00	S/ 7.00

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

III.1.3.2. Herramienta de diagnóstico

Para poder identificar las principales causas de los problemas que se presentaban, se realizó el diagrama de Ishikawa como una herramienta de análisis. El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, permite desglosar y categorizar las posibles causas que pueden contribuir a un problema específico.

Figura SEQ Figura * ARABIC 5. Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia

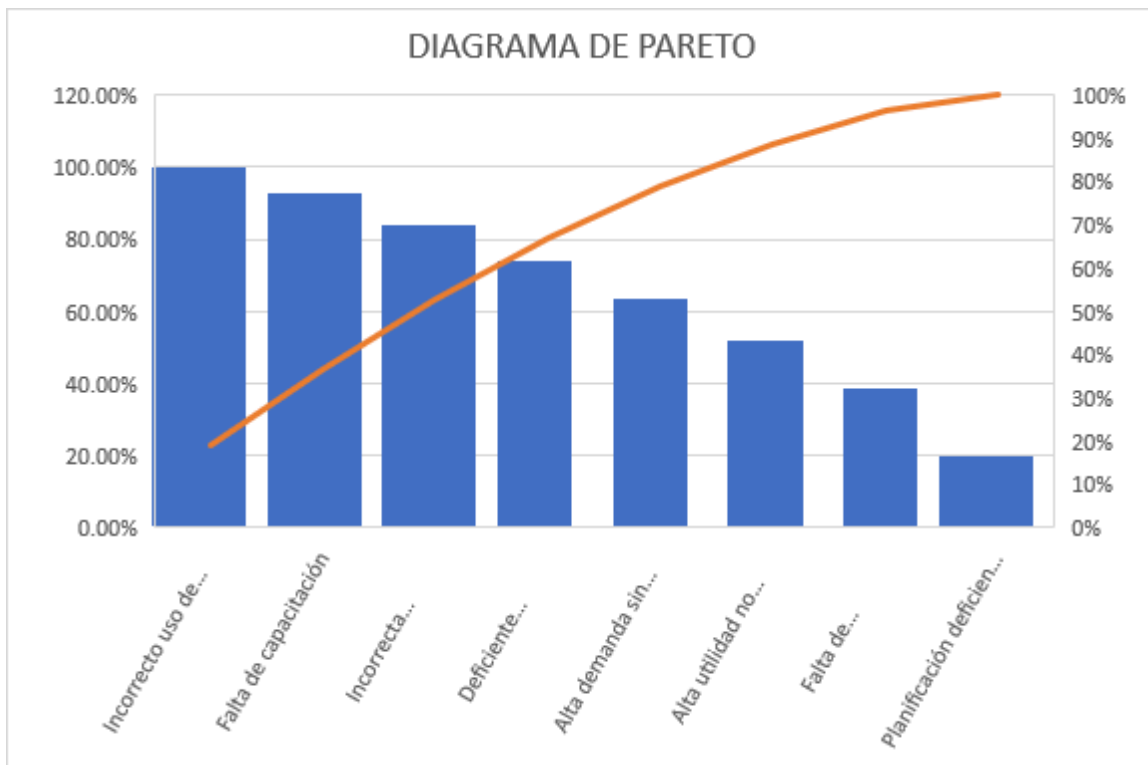
En diagrama Ishikawa se presenta el principal problema que se ha originado en el molino el cual es la baja productividad originado por la deficiente planificación y control de la producción, donde se ha considerado los efectos y causas que se dan dentro de la mano de obra, maquinaria, medición y método, lo cual genera que haya una reducida productividad.

Tabla 16. Datos recolectados del diagrama Causa-Efecto

CAUSAS	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	%
Planificación deficiente de la producción sobre demanda con alta utilidad no percibida	36	20%	36	20.11%
Falta de estandarización de procesos	34	19%	70	39.11%
Alta utilidad no percibida	23	13%	93	51.96%
Alta demanda sin atender	21	12%	114	63.69%
Deficiente programación de producción	19	11%	133	74.30%
Incorrecta manipulación de equipos, lo cual genera retrasos	18	10%	151	84.36%
Falta de capacitación	16	9%	167	93.30%
Incorrecto uso de horas hombre	12	7%	179	100%
TOTAL	179			

Fuente: Elaboración Propia

Figura 6. Diagrama Pareto



Fuente: Elaboración Propia

Observamos en el gráfico del diagrama de Pareto aquellas causas que están generando la mayoría de los problemas o contribuyendo en mayor medida a esta baja productividad en el molino, es decir, el 80% de los defectos se debe al 20% de las causas, siendo la primera, la planificación deficiente de la producción sobre demanda, la segunda es la falta de estandarización de procesos, alta utilidad no percibida, alta demanda sin atender y deficiente programación de producción son las causas.

III.1.4. Situación actual de la variable dependiente

La situación actual de la variable dependiente se basa en la productividad, en la línea de producción del pilado de arroz se encuentran dos, teniendo en total un valor de 2,615,005.16kg que viene hacer nuestro valor real de capacidad con respecto a la producción, a continuación, se muestra el valor de cada una de las líneas de producción del pilado de arroz:

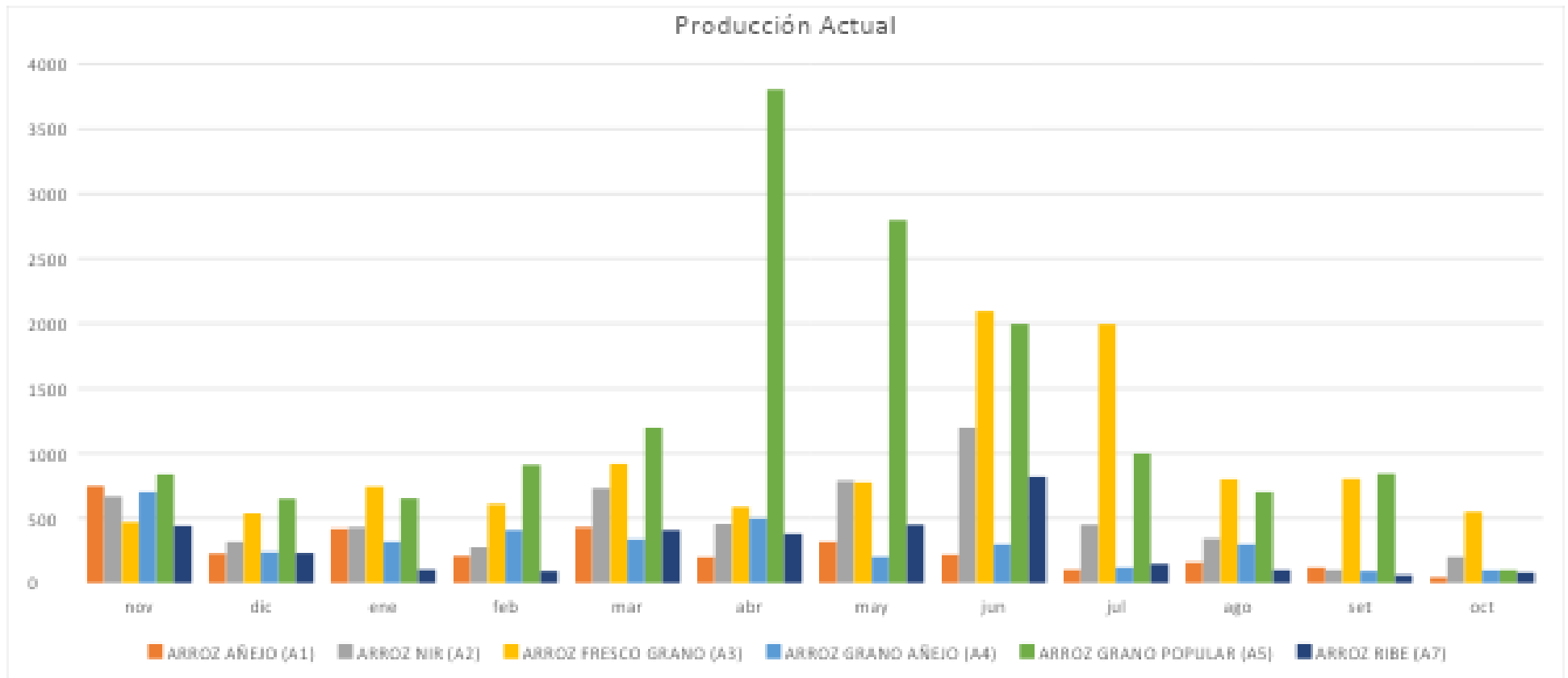
Tabla 17. Línea de Producción del Molino

L1	1,743,336.77 kg
L2	871,668.39 kg
TOTAL	2,615,005.16 kg

Fuente: Elaboración Propia

a) Producción actual

Tabla 18. Producción Actual



Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Tabla 19. Ingreso por cada línea de producción

PRODUCTO	UTILIDA D	L1	L2	UTILIDAD TOTAL
A1	S/ 18.39	585,874.89 kg	X	S/ 215,475.63
A2	S/ 29.35	X	187,278.18 kg	S/ 109,945.10
A3	S/ 27.89	256,903.56 kg	X	S/ 143,298.82
A4	S/ 22.71	X	457,784.50 kg	S/ 207,932.76
A5	S/ 19.52	278,678.45 kg	X	S/ 108,804.48
A6	S/ 28.96	634,931.56 kg	X	S/ 367,763.04
A7	S/ 25.42	X	213,554.02 kg	S/ 108,568.82
				S/ 1,261,788.65

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Tabla 20. Ingresos Económicos de Sacos de arroz Periodo (nov-2021 al oct-2022)

Producto	Venta Periodo nov 2021-oct-2022 (SACOS)	Total
ARROZ AÑEJO (A1)	11,717	S/ 215,475.63
ARROZ NIR (A2)	3,746	S/ 109,945.10
ARROZ FRESCO GRANO (A3)	5,138	S/ 143,298.82
ARROZ GRANO AÑEJO (A4)	9,156	S/ 207,932.76
ARROZ GRANO POPULAR (A5)	5,574	S/ 108,804.48
ARROZ GRANO LARGO (A6)	12,699	S/ 367,763.04
ARROZ RIBE (A7)	4,271	S/ 108,568.82
Total	52,300	S/ 1,261,788.65

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Tabla 21. Ingresos Económicos de Subproductos Periodo (nov-2021 al oct-2022)

Sub-Producto	Venta Periodo nov 2021-oct-20 22	Total
ARROCILL O TIPO A	6737	S/ 40,422.00
ARROCILL O TIPO B	16177	S/ 80,886.67
ARROCILL O TIPO C	10333	S/ 51,663.33
ARROCILL O TIPO D	11183	S/ 67,100.00
ARROCILL O TIPO E	6919	S/ 62,271.00
RECHAZO COMBATE POLVILLO	16306	S/ 97,834.00
	82490	S/ 577,430.00
Total	150145	S/ 977,607.00

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Las pérdidas que se están obteniendo tras el mal cálculo de la demanda para la producción en el Molino es del 16.6% de sus utilidades.

Asimismo, se obtiene el cálculo de la productividad en mano de hombre, maquinaria y horas respectivamente.

a) Cálculo de Productividad en mano de obra:

$$Productividad: \frac{Unidades\ Producidas}{h-M}$$

$$Productividad: \frac{4454\ bolsas/mensual}{5\ h-mensual}$$

$$Productividad: 891\ bolsas - hombre$$

b) Cálculo de Productividad en H-hombre:

$$Productividad: \frac{Producción}{h-M}$$

$$Productividad: \frac{4454\ bolsas/mensual}{201\ h-H/mensual}$$

$$Productividad: 22 \frac{bolsas}{H-hombre}$$

c) Cálculo de Productividad en cantidad de maquinaria:

$$\text{Productividad: } \frac{\text{Producción}}{\text{maquinaria}}$$

$$\text{Productividad: } \frac{4454 \text{ bolsas/mensual}}{2 \text{ maquinaria/mensual}}$$

$$\text{Productividad: } 2227 \text{ bolsas/maquinaria}$$

d) Cálculo de Productividad en horas-maquinaria

$$\text{Productividad: } \frac{4454 \text{ bolsas/mensual}}{243 \text{ H-maquinaria/mensual}}$$

$$\text{Productividad: } 18 \text{ bolsas/h} - \text{maquinaria}$$

e) Cálculo Porcentual de la Utilidad no percibida

$$\frac{1,470,827.01 - 1,261,788.65}{1,261,788.65} = 16.66\%$$

Se observa que actualmente la empresa tiene una pérdida de 16.66% de utilidad no aprovechada lo cual representa una cantidad significativa de rentabilidad que están perdiendo.

Tabla 22. Modelo de la Línea de Producción

LINEA DE PRODUCCION DE PILADO DE ARROZ	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
L1	●	●	●	●	●	●	●
L2	●	●	●	●	●	●	●

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

III.2. Propuesta de Investigación

III.2.1. Fundamentación

En la situación actual, la empresa está enfrentando una alta demanda en diversos tipos de arroz, lo cual está resultando en la incapacidad de satisfacer completamente los pedidos de los clientes. La programación lineal entera va a permitir modelar y optimizar estas variables de manera que podamos tomar decisiones informadas, en este caso de cada tipo de arroz en cada línea de producción. Para aplicarla, es crucial identificar las

variables que impactan en la producción y comprender cómo afectan la rentabilidad de la empresa. Esto implica analizar detalladamente los diferentes factores que influyen en la producción de arroz y su relación con los objetivos económicos de la empresa. Por lo tanto, es crucial optimizar la producción de la empresa para mejorar la rentabilidad en un período de 10 meses. Con este fin, hemos recopilado y ordenado los siguientes datos relevantes de la empresa:

Tabla 23. Resumen de Modelo Matemático

PRODUCTO	UTILIDAD	L1	L2	DEMANDA MAX	DEMANDA MIN
A1	S/ 18.39	585,874.89 kg	X	654,783.00 kg	535,600.00 kg
A2	S/ 29.35	X	187,278.18 kg	193,221.00 kg	112,200.00 kg
A3	S/ 27.89	256,903.56 kg	X	282,398.00 kg	232,400.00 kg
A4	S/ 22.71	X	457,784.50 kg	563,409.00 kg	545,200.00 kg
A5	S/ 19.52	278,678.45 kg	X	294,058.00 kg	150,035.00 kg
A6	S/ 28.96	634,931.56 kg	X	759,201.00 kg	615,080.00 kg
A7	S/ 25.42	X	213,554.02 kg	292,340.00 kg	166,008.00 kg

Fuente: Elaboración Propia

Observamos que el tipo de arroz A1 trabaja con la línea de producción 1, el arroz tipo A2 trabaja con la línea de producción 2 y así respectivamente, observando también la demanda máxima y mínima que tiene cada uno de ellos.

Otro de los factores importantes para poder desarrollar la propuesta es evaluando la demanda de la empresa molinera y con ello, el pronóstico que se tiene.

Tabla 24. Demanda Actual (kg)

Nov-21	4454
Dic-21	2412
Enero-22	3319
Feb-22	3154

Mar-22	5523
Abr-22	7262
May-22	7263
Jun-22	7990
Jul-22	4246
Ago-22	2648
Set-22	2073
Oct-22	1957

Fuente: Elaboración Propia

- Elección de modelos para el pronóstico de la demanda

A continuación, realizaremos una comparación de los resultados arrojados de cada uno de los modelos del pronóstico de la demanda expresado en kilogramos (Kg) para seleccionar el más adecuado.

Tabla 25: Modelos para el pronóstico de la demanda (kg)

1. Modelo Lineal El modelo lineal se ajusta utilizando la ecuación de la línea recta $y = mx + b$, donde y es la demanda y x es el tiempo (en meses).		2. Modelo Exponencial El modelo exponencial se ajusta utilizando la ecuación $y = ae^{bx}$, donde y es la demanda y x es el tiempo (en meses).		3. Modelo Logarítmico El modelo logarítmico se ajusta utilizando la ecuación $y = a \ln(x) + b$, donde y es la demanda y x es el tiempo (en meses).		4. Modelo Polinómico El modelo polinómico se ajusta utilizando una ecuación de grado superior $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$, donde y es la demanda y x es el tiempo (en meses).	
Mes	Modelo Lineal	Mes	Modelo Exponencial	Mes	Modelo Logarítmico	Mes	M. Polinómico (Grado 2)
Ene-22	3430	enero	3625.17	enero	3801.99	enero	3444.24
Feb-22	3154	febrero	3726.41	febrero	3853.29	febrero	3506.08
Mar-22	6174	marzo	3830.64	marzo	3904.6	marzo	3571.73
Abr-22	7462	abril	3938.00	abril	3955.9	abril	3641.2
May-22	7444	mayo	4048.62	mayo	4007.2	mayo	3714.47
Jun-22	8916	junio	4162.67	junio	4058.51	junio	3791.56
Jul-22	4680	julio	4280.29	julio	4109.81	julio	3872.47
Ago-22	2654	agosto	4401.64	agosto	4161.11	agosto	3957.19
Set-22	2131	setiembre	4526.91	setiembre	4212.42	setiembre	4045.72
Oct-22	1898	octubre	4656.27	octubre	4263.72	octubre	4138.07

Nov-22	4680	noviembre	4789.91	noviembre	4315.02	noviembre	4234.24
Dic-22	5788	diciembre	4928.01	diciembre	4366.33	diciembre	4334.21
<ul style="list-style-type: none"> • Ventajas: Es fácil de interpretar y calcular. Apropiado cuando la tendencia de la demanda es aproximadamente lineal. • Consideraciones: Puede subestimar o sobreestimar la demanda si hay cambios no lineales en los datos. 		<ul style="list-style-type: none"> • Ventajas: Captura el crecimiento exponencial de la demanda. • Consideraciones: Puede ser sensible a cambios repentinos en la tendencia. Requiere una tendencia exponencial clara en los datos. 		<ul style="list-style-type: none"> • Ventajas: Útil cuando la tasa de crecimiento de la demanda disminuye con el tiempo. • Consideraciones: Puede no ser adecuado si los datos no muestran una relación logarítmica clara. 		<ul style="list-style-type: none"> • Ventajas: Puede capturar curvas más complejas en los datos de la demanda. • Consideraciones: Puede sobreajustarse a los datos históricos si se utiliza un grado polinómico alto, lo que puede llevar a pronósticos menos precisos fuera del rango de datos históricos. 	

El pronóstico de la demanda lineal es considerado el más adecuado por las siguientes razones:

- **Adecuación al Contexto Empresarial:**

En el contexto de una empresa molinera, donde se gestionan operaciones y se planifica la producción, un modelo lineal representa adecuadamente las tendencias esperadas de la demanda. Esto puede ayudar a prever con mayor precisión los niveles de producción necesarios para satisfacer la demanda proyectada.

- **Flexibilidad y Aplicabilidad:**

Aunque otros modelos como los exponenciales o polinómicos pueden capturar variaciones más complejas en los datos, el modelo lineal puede ser suficiente si la serie temporal no muestra cambios bruscos o patrones no lineales significativos. Esto hace que sea más flexible y fácil de aplicar en diferentes escenarios.

- **Base Teórica y Fundamentación:**

La programación lineal entera se basa en modelos matemáticos lineales para la optimización de recursos y la toma de decisiones. Utilizar un modelo de pronóstico lineal proporcionaría una conexión directa entre la teoría (programación lineal) y la práctica (pronóstico de demanda), fortaleciendo así la fundamentación teórica de tu investigación.

Compatibilidad con Herramientas Analíticas:

Los modelos lineales son ampliamente compatibles con herramientas estadísticas y de optimización utilizadas en análisis empresarial, lo que facilita su implementación y validación utilizando software como Excel.

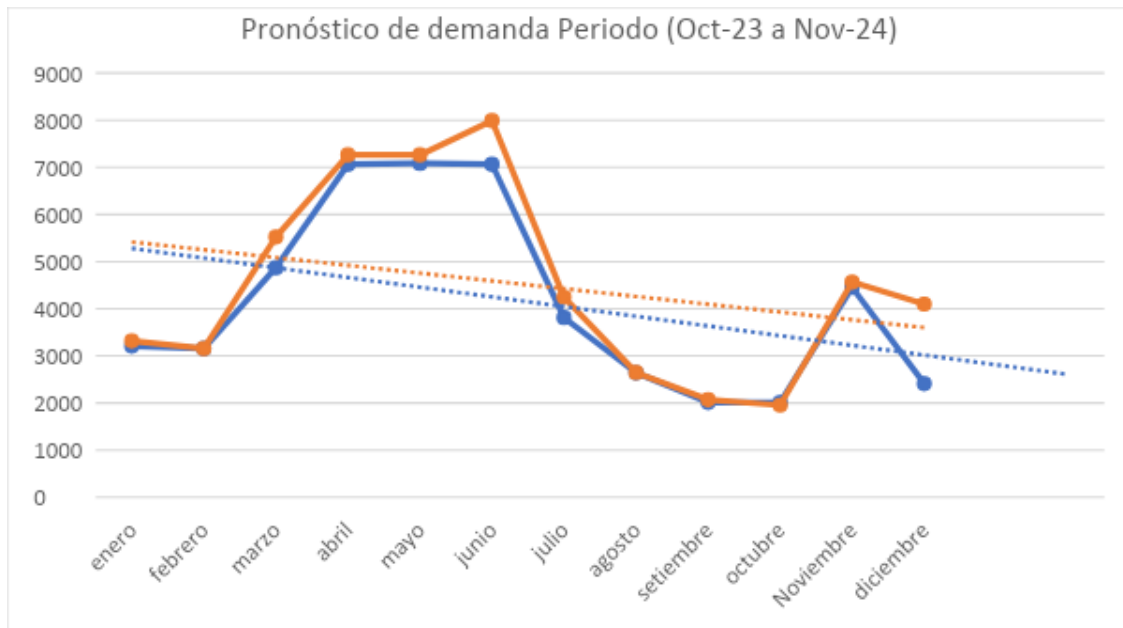
Tabla 26. Pronóstico de demanda en kilogramos del periodo (enero-diciembre al 2023)

enero	3430
febrero	3154
marzo	6174
abril	7462
mayo	7444
junio	8916
julio	4680
agosto	2654

setiembre	2131
octubre	1898
noviembre	4680
diciembre	5788

Fuente: Elaboración Propia

Figura 7. Pronóstico de Demanda



Fuente: Elaboración Propia

Teniendo nuestro pronóstico establecido con precisión la demanda de los productos, el molino puede planificar y ajustar su producción de manera más eficiente, evitando problemas de exceso o escasez de inventario.

III.2.2. Objetivos de la propuesta

- Proponer un modelo matemático de programación lineal para aumentar la productividad en el molino.
- Aplicar el modelo propuesto con el software especializado (TORA) para el pronosticar la demanda.
- Calcular el beneficio – costo de la propuesta.

III.2.3. Desarrollo de la propuesta

III.2.3.1. Modelación del problema

Para la elaboración del modelo matemático se consideró las restricciones sobre la capacidad real de su producción, asimismo la función que se maximizará será ingresada al programa TORA para su desarrollo y aplicación lo cual va ayudar a asignar la producción de cada línea necesaria para poder satisfacer la demanda y por ende aumentar los ingresos de las utilidades del molino.

Se considerará la demanda máxima (kg) obtenida durante el periodo noviembre del 2021 a octubre del 2022.

$$A1L1 \leq 654,783.00$$

$$A2L2 \leq 193,221.00$$

$$A3L1 \leq 282,398.00$$

$$A4L2 \leq 563,409.00$$

$$A5L1 \leq 294,058.00$$

$$A6L1 \leq 759,201.00$$

$$A7L2 \leq 292,340.00$$

Asimismo, se restringirá la capacidad de producción mínima (kg) teniendo en cuenta su demanda en el mismo periodo signado anteriormente.

$$A1L1 \geq 535,600.00$$

$$A2L2 \geq 112,200.00$$

$$A3L1 \geq 232,400.00$$

$$A4L2 \geq 545,200.00$$

$$A5L1 \geq 150,035.00$$

$$A6L1 \geq 615,080.00$$

$$A7L2 \geq 166,008.00$$

Siendo:

A1L1: CAPACIDAD QUE SE REQUIERE EN LA LINEA 1 PARA PODER PRODUCIR EL TIPO DE ARROZ A1

A2L2: CAPACIDAD QUE SE REQUIERE EN LA LINEA 2 PARA PODER PRODUCIR EL TIPO DE ARROZ A2

A3L1: CAPACIDAD QUE SE REQUIERE EN LA LINEA 1 PARA PODER PRODUCIR EL TIPO DE ARROZ A3

A4L2: CAPACIDAD QUE SE REQUIERE EN LA LINEA 2 PARA PODER PRODUCIR EL TIPO DE ARROZ A4

A5L1: CAPACIDAD QUE SE REQUIERE EN LA LINEA 1 PARA PODER PRODUCIR EL TIPO DE ARROZ A5

A6L1: CAPACIDAD QUE SE REQUIERE EN LA LINEA 1 PARA PODER PRODUCIR EL TIPO DE ARROZ A6

A7L2: CAPACIDAD QUE SE REQUIERE EN LA LINEA 2 PARA PODER PRODUCIR EL TIPO DE ARROZ A7

Los valores máximos que las variables pueden obtener es la capacidad entre líneas de Producción (kg).

$$A1+A3+A5+A6 \leq 1,743,336.77$$

$$A2+A4+A7 \leq 871,668.39$$

De acuerdo a ello, la función a maximizar es la siguiente:

$$Z \max = L1(18.39 * A1 + 27.89 * A3 + 19.52 * A5 + 28.96 * A6) + L2(29.35 * A2 + 22.71 * A4 +$$

Los datos van a ser expresados de la siguiente forma en el software Tora:

Figura 8. Introducción al modelo matemático al Software TORA

Nbr of variables:		7								
No of constraints:		3								

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Entre <, >, or =	R.H.S.
VAR. NAME	A1L1	A2L2	A3L1	A4L2	A5L1	A6L1	A7L2		
MAX	18.39	29.35	27.89	22.71	19.52	28.96	25.42		
CONSTR 1	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	<=	1743336.77
CONSTR 2	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	<=	871668.39
CONSTR 3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	>=	1.00
LOWER BOUND	535600.00	112200.00	23240.00	545200.00	150035.00	615080.00	166008.00		
UPPER BOUND	654783.00	193221.00	282398.00	563409.00	294058.00	759201.00	292340.00		
UNRESTR'd (y/n)?	n	n	n	n	n	n	n		

Fuente: Elaboración Propia

Los datos obtenidos, fueron ingresados al programa teniendo en cuenta la demanda mínima, máxima, utilidad por cada línea, límites de producción y la función objetivo a maximizar.

Figura 9. Función Objetivo

LINEAR PROGRAMMING OUTPUT SUMMARY

FINAL ITERATION No.=5
 OBJECTIVE VALUE (MAX) = 64266162.26

VARIABLE	VALUE	OBJ COEFF	OBJ VAL CONTRIB
X1 A1L1			
:	535600.00	18.39	9849684.00
X2 A2L2			
:	160460.39	29.35	4709512.45
X3 A3L1			
:	282398.00	27.89	7876080.22
X4 A4L2			
:	545200.00	22.71	12381492.00
X5 A5L1			
:	166137.77	19.52	3243009.00
X6 A6L1			
:	759201.00	28.96	21986460.96
X7 A7L2			
:	166008.00	25.42	4219923.36
CONSTRAINT	RHS	SLACK/SURPLUS	
1 (<)	1743336.77	0.00	
2 (<)	871668.39	0.00	
3 (<)	1.00	2615004.16-	
LB-X1 A1L1	535600.00	0.00	
UB-X1 A1L1	654789.00	119183.00	
LB-X2 A2L2	112200.00	48260.39+	
UB-X2 A2L2	193221.00	32760.61-	

Fuente: Elaboración Propia

El cálculo de la multiplicación de las variables por la utilidad que se percibe por cada línea de saco de arroz, sirve para verificar cuál de ellas genera más ingresos y esfuerzo de producción, asimismo, por sí se suscitara algún inconveniente se perdería la cantidad aproximada simulada en el software, tal como lo muestra la figura la línea A6L1 es la que mayor contribuye a los ingresos del molino y sería la que mayores pérdidas económicas representaría sino se logra cubrir la demanda solicitada durante el periodo de producción.

Figura 10. Restricciones

LINEAR PROGRAMMING OUTPUT SUMMARY		
FINAL ITERATION No.=5		
OBJECTIVE VALUE (MAX) = 64266162.26		
3 (>)	1.00	2615004.16-
LB-X1 A1L1	535600.00	0.00
UB-X1 A1L1	654783.00	119183.00-
LB-X2 A2L2	112200.00	48260.39+
UB-X2 A2L2	193221.00	32760.61-
LB-X3 A3L1	232400.00	49998.00+
UB-X3 A3L1	282398.00	0.00
LB-X4 A4L2	545200.00	0.00
UB-X4 A4L2	563409.00	18209.00-
LB-X5 A5L1	150035.00	1610277+
UB-X5 A5L1	294058.00	127920.23-
LB-X6 A6L1	615080.00	144121.00
UB-X6 A6L1	759201.00	0.00
LB-X7 A7L2	166008.00	0.00

UB-X7 A7L2

292340.00

126332-

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, la holgura del modelo matemático muestra un superávit de sus valores, haciendo referencia a el aprovechamiento total de su capacidad de producción de Molino Santa Beatriz S.A.C.

Figura 11. Análisis de Sensibilidad

LINEAR PROGRAMMING OUTPUT SUMMARY					
FINAL ITERATION No.=5					
OBJECTIVE VALUE (MAX) = 64266162.26					
VARIABLE	CURRENT OBJ COEFF	MIN OBJ COEFF	MAX OBJ COEFF	REDUCED COST	
X1: A1L1	18.39	-INFINITY	19.52	1.13	
X2: A2L2	29.35	25.42	INFINITY	0.00	
X3: A3L1	27.89	19.52	INFINITY	8.37	
X4: A4L2	22.71	-INFINITY	29.35	6.64	
X5: A5L1	19.52	18.39	27.89	0.00	
X6: A6L1	28.96	19.52	INFINITY	9.44	
X7: A7L2	25.42	-INFINITY	29.35	3.93	
CONSTRAINT	CURRENT RHS	MIN RHS	MAX RHS	DUAL PRICE	
1 (<)	1743336.77	1727234.00	1871257.00	19.52	

2 (<)	871668.39	823408.00	904429.00	29.35
3 (<)	1.00	INFINITY	INFINITY	0.00
LB-X1	535600.00	407679.77	551702.77	-1.13
UB-X1	654789.00	535600.00	INFINITY	0.00
LB-X2	112200.00	0	160460.39	0.00

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de sensibilidad muestra el rango en que puede variar el margen de contribución de las utilidades ya preestablecidas, asimismo, se considera que el Reduced Cost muestra la utilidad mínima que debe producir cada línea de saco. De acuerdo a la figura, se observa que la producción de las líneas de arroz A1L1, A2L2, A4L2, A6L1, A7L2 pueden tener una significativa reducción de utilidad lo cual perjudicaría a la empresa, sin embargo, se debe producir debido a que cuentan con pedidos.

Figura 12. Análisis de Sensibilidad de la Producción

LINEAR PROGRAMMING OUTPUT SUMMARY				
FINAL ITERATION No.=5				
OBJECTIVE VALUE (MAX) = 64266162.26				
LB-X1	535600.00	407679.77	551702.77	-1.13
UB-X1	654783.00	535600.00	INFINITY	0
LB-X2	112200.00	0	160460.39	0.00

UB-X2	193221.00	160460.39	INFINITY	0
LB-X3	232400.00	0.00	282398	0.00
UB-X3	282398.00	154477.77	298500.77	8.37
LB-X4	545200.00	512439.390	593460.39	-6.64
UB-X4	56349.00	545200.000	INFINITY	0
LB-X5	150035.00	0.000	166137.77	0
UB-X5	294058.00	166137.770	INFINITY	0
LB-X6	615080.00	0.000	759201	0
UB-X6	759201.00	631280.770	775303.77	9.44
LB-X7	166008.00	133247.390	214268.39	-3.93
UB-X7	292340.00	166008.000	INFINITY	0

Fuente: Elaboración Propia

En el análisis de sensibilidad de la producción, se muestra el cambio que se produce en la función objetivo cuando el valor de la restricción se aumenta, es decir, si el precio dual de la restricción muestra su valor óptimo se va a agregar una unidad, de la cual va a depender si se va a maximizar o minimizar la función objetivo, en este caso va a buscar el aumento del valor óptimo en el modelo matemático. Como se observa, si aumenta la producción de A3L1, A6L1, las utilidades también lo harán.

III.2.4. Situación de la variable dependiente con la propuesta

En la presente investigación se utilizó la programación lineal para aumentar la producción de sacos arroz, donde se ha considerado seguir manteniendo la capacidad real de su producción, pero fabricar más sacos que generan mayor utilidad al molino, teniendo en cuenta que cada máquina ya tiene determinado la fabricación que debe realizar.

Tabla 27. Producción Con/Sin Propuesta

Producto	Código	Producción con Propuesta	Producción sin Propuesta
ARROZ AÑEJO	A1	535600 kg	585,874.89 kg
ARROZ NIR	A2	160460.39 kg	187,278.18 kg
ARROZ FRESCO GRANO	A3	298500.77 kg	256,903.56 kg
ARROZ GRANO AÑEJO	A4	545200 kg	457,784.50 kg
ARROZ GRANO POPULAR	A5	166137.77 kg	278,678.45 kg
ARROZ GRANO LARGO	A6	775303.77 kg	634,931.56 kg
ARROZ RIBE	A7	166008 kg	213,554.02 kg

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla, se muestra la producción estimada con la propuesta de mejora y sin ella, asimismo la diferencia que existe tras su aplicación.

Tabla 28. Mejora de la Utilidad con la Propuesta

PRODUCTO	CÓDIGO	UTILIDAD PRODUCCIÓN CON PROPUESTA	UTILIDAD PRODUCCIÓN SIN PROPUESTA
ARROZ AÑEJO	A1	S/ 196,993.68	S/ 215,484.78
ARROZ NIR	A2	S/ 94,190.25	S/ 109,932.29
ARROZ FRESCO GRANO	A3	S/ 166,503.73	S/ 143,300.81
ARROZ GRANO AÑEJO	A4	S/ 247,629.84	S/ 207,925.72
ARROZ GRANO POPULAR	A5	S/ 64,860.19	S/ 108,796.07
ARROZ GRANO LARGO	A6	S/ 449,055.94	S/ 367,752.36
ARROZ RIBE	A7	S/ 84,398.47	S/ 108,570.86

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla, se observa que se aumenta notablemente la utilidad haciendo un total de S/41,869.20 de ganancia en los 7 tipos de saco de arroz.

Tabla 29. Utilidad por tipo de arroz

PRODUCTO	UTILIDAD	L1	L2	UTILIDAD TOTAL
A1	S/ 18.39	535600 kg	X	S/ 196,993.68
A2	S/ 29.35	X	160460.39 kg	S/ 94,190.25
A3	S/ 27.89	298500.77 kg	X	S/ 86,167.70
A4	S/ 22.71	X	545200 kg	S/ 247,629.84
A5	S/ 19.52	166137.77 kg	X	S/ 64,860.19
A6	S/ 28.96	775303.77 kg	X	S/ 365,637.82
A7	S/ 25.42	X	166008 kg	S/ 84,398.47
Total				S/ 1,139,877.94

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla, se observa el aumento de la producción tras lo predeterminado, originando un mayor aprovechamiento de los recursos.

a. Indicadores de mejora de mejora

Tabla 30. Demanda no atendida después de la Propuesta de mejora

PRODUCTO	CÓDIGO	PRODUCCIÓN-PROPUESTA	DEMANDA MAXIMA	DEMANDA ATENDIDA	NO
ARROZ AÑEJO	A1	535600 kg	654,783 kg	119,183 kg	
ARROZ NIR	A2	160460.39 kg	193,221 kg	32,761 kg	
ARROZ FRESCO GRANO	A3	298500.77 kg	282,398 kg	-16,103 kg	
ARROZ AÑEJO GRANO	A4	545200 kg	563,409 kg	18,209 kg	
ARROZ POPULAR GRANO	A5	166137.77 kg	294,058 kg	127,920 kg	
ARROZ GRANO LARGO	A6	775303.77 kg	759,201 kg	-16,103 kg	
ARROZ RIBE	A7	166008 kg	292,340 kg	126,332 kg	
TOTAL				392,199 kg	

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra la demanda será cubierta en un porcentaje más amplio, obteniendo una diferencia de 100 mil unidades de producción cubiertas.

Tabla 31. Utilidad no percibida luego de la propuesta de mejora

PRODUCTO	CÓDIGO	UTILIDAD PRODUCCIÓN CON PROPUESTA	UTILIDAD DEMANDA	UTILIDAD NO PERCIBIDA	NO
----------	--------	-----------------------------------	------------------	-----------------------	----

ARROZ AÑEJO	A1	S/ 196,993.68	S/ 240,829.19	S/ 43,835.51
ARROZ NIR	A2	S/ 94,190.25	S/ 113,420.73	S/ 19,230.48
ARROZ FRESCO GRANO	A3	S/ 166,503.73	S/ 157,521.60	-S/ 8,982.13
ARROZ GRANO AÑEJO	A4	S/ 247,629.84	S/ 255,900.37	S/ 8,270.53
ARROZ GRANO POPULAR	A5	S/ 64,860.19	S/ 114,800.24	S/ 49,940.06
ARROZ GRANO LARGO	A6	S/ 449,055.94	S/ 439,729.22	-S/ 9,326.72
ARROZ RIBE	A7	S/ 84,398.47	S/ 148,625.66	S/ 64,227.19
Total			S/ 167,194.91	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla, se observa que la utilidad no percibida va a mejorar en S/140 000,00, lo cual será benefactor para el molino ya que el 16.6% que no ingresaba ahora será un 12.83%, tras la aplicación del modelo matemático propuesto, donde se verifica que no solo aumentará la producción sino también se aumentarán los ingresos económicos de la empresa.

III.2.5. Análisis Beneficio -Costo de la Propuesta

III.2.5.1. Inversión

En la presente se muestra los costos requeridos para la implementación de la propuesta teniendo en cuenta el tiempo en se ejecutará el proyecto de mejora, teniendo en cuenta los intangibles y tangibles:

Tabla 32. Inversión

ITÉM	COSTO
ASESORÍA RESPECTO AL DISEÑO	S/ 3,100.00
CAPACITACIÓN DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA	S/ 1,900.00
CAPACITACIÓN LIDERAZGO	S/ 950.00
CD'S	S/ 12.00
TOTAL	S/ 5,962.00

Fuente: Elaboración Propia

La inversión requerida para el proyecto es de S/4,362.00.

III.2.5.2. Beneficio mensual con la propuesta

Tabla 33. Beneficio Mensual

MES	UTILIDAD		BENEFICIO
	SIN PROPUESTA	CON PROPUESTA	
Noviembre	S/ 110,940	S/ 112,141	S/ 1,201
Diciembre	S/ 60,239	S/ 63,638	S/ 3,399
Enero	S/ 76,852	S/ 79,554	S/ 2,702
Febrero	S/ 74,195	S/ 79,180	S/ 4,984
Marzo	S/ 125,861	S/ 129,647	S/ 3,786
Abril	S/ 184,756	S/ 187,258	S/ 2,503
Mayo	S/ 176,083	S/ 180,553	S/ 4,470
Junio	S/ 190,704	S/ 196,879	S/ 6,175
Julio	S/ 105,473	S/ 109,482	S/ 4,008
Agosto	S/ 61,476	S/ 66,363	S/ 4,887
Setiembre	S/ 52,944	S/ 54,229	S/ 1,285
Octubre	S/ 42,264	S/ 44,707	S/ 2,443
Total	S/ 1,261,788.65	S/ 1,303,632	

Fuente: Elaboración Propia

$$\frac{1,470,827.01 - S/ 1,303,632}{S/ 1,303,632} = 12.83\%$$

Con la propuesta de programación lineal en la presente investigación se redujo S/ 41,843.44 las perdidas obtenidas.

Tabla 34. Flujo de Caja

Descripción	Mes 0	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
Ingresos		S/ 1,201	S/ 3,399	2,702	4,984	3,786	S/ 2,503	S/ 4,470	S/ 6,175	S/ 4,008	10,743	S/ 1,285	S/ 2,443
Beneficios		S/ 1,201	S/ 3,399	2,702	4,984	3,786	S/ 2,503	S/ 4,470	S/ 6,175	S/ 4,008	10,743	S/ 1,285	S/ 2,443
Egresos	S/ 5,962.00												
Inversión	-s/ 5,962.00												
Asesoría	S/ 2,600.00												
Capacitación	S/ 1,300.00												
Otros ()	S/ 12.00												
Utilidad				S/	S/	S/					S/		
bruta	-s/ 5,962.00	S/ 1,201	S/ 3,399	2,702	4,984	3,786	S/ 2,503	S/ 4,470	S/ 6,175	S/ 4,008	10,743	S/ 1,285	S/ 2,443
Impuestos	-s/ 5,962.00	S/ 48.04	S/ 136	S/ 108	S/ 199	S/ 151	S/ 100	S/ 179	S/ 247	S/ 160	S/ 430	S/ 51	S/ 98
Utilidad neta	-s/ 5,962.00	S/ 1,153.07	S/ 3,263	2,594	4,785	3,634	S/ 2,402	S/ 4,291	S/ 5,928	S/ 3,848	10,313	S/ 1,234	S/ 2,345
Utilidad		-s/		S/	S/	S/		S/	S/	S/	S/		S/
acumulada		4,808.93	-s/ 1,546	1,049	5,834	9,468	S/ 11,870	16,161	22,089	25,937	36,251	S/ 37,484	39,829

Fuente: Elaboración Propia

III.2.5.3. Cálculo VAN y TIR

Para el cálculo de VAN se consideró la tasa anual del 10% de descuento del BCP (Banco de Crédito del Perú), asimismo se realizó un financiamiento considerando el periodo y la posibilidad económica de la empresa.

Tabla 35. Utilidad Neta - Acumulada

Utilidad neta	-s/			S/	S/	S/					S/		
	5,962	S/ 1,153	S/ 3,263	2,594	4,785	3,634	S/ 2,402	S/ 4,291	S/ 5,928	S/ 3,848	10,313	S/ 1,234	S/ 2,345
Utilidad acumulada		-s/	-s/	S/	S/	S/		S/	S/	S/	S/	S/	S/
		4,809	1,546	1,049	5,834	9,468	S/ 11,870	16,161	22,089	25,937	36,251	37,484	39,829

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36. Cálculo VAN - TIR

INGRESOS (VAN)	S/ 21,797.87
TIR	46%

Fuente: Elaboración Propia

Con el cálculo de VAN se demuestra que el proyecto es viable, asimismo que la ganancia estimada respecto a ello sería de S/21.797.87. Por otro lado, el TIR nos indica que tras la implementación del proyecto se generará un 46% de rentabilidad.

3.2.5. Cálculo Beneficio – Costo

Para el cálculo de beneficio – costo, se consideró los gastos de inversión respecto a la implementación del proyecto y la utilidad que va a generar.

$$\frac{S/ 21,797.87}{S/ 11,924.00} = 1.83$$

Se obtuvo un resultado mayor a 1, lo cual da validez al proyecto, se confirma que es viable y rentable para el molino, asimismo, por cada 1 sol invertido tendrá 0.83 soles de ganancia.

III.3. Discusión de resultados

Esta investigación a nivel general existe la problemática en las líneas del área de producción del molino Santa Beatriz S.A.C., todo ello se refleja en la evaluación de la producción que fue de 2,615,005.16 Kg percibiendo una utilidad de S/ 1,261,788.65, por lo que el 16.66% viene hacer la utilidad no percibida durante los 10 meses que se evaluó el proyecto, para la solución en la producción de los 7 tipo de arroz se planteó aplicar un modelo de programación lineal en el área de producción el cual logro la optimización de la producción de la empresa molinera Santa Beatriz S.A.C., por otro lado, el estudio basado en la asignación de máquinas, que busca optimizar la producción en función del tiempo de trabajo de cada maquinaria, este estudio se encuentra en contradicción con los resultados obtenidos en el análisis previo. Esta contradicción se debe a la falta de viabilidad de este enfoque, ya que no se tiene en cuenta la posibilidad de fallas de maquinaria u otros eventos imprevistos, este estudio se basa en la suposición del tiempo de trabajo que puede ser perfectamente planificado y optimizado, sin embargo, en la realidad, existen factores impredecibles, como fallas mecánicas, averías inesperadas u otros eventos fortuitos, que pueden interrumpir el proceso de producción y afectar la planificación establecida [23].

Por otro lado, es este estudio el utilizar la Programación Lineal Entera, fue posible la optimización de la asignación de recursos limitados que se tenía en las líneas de producción, consiguiendo la maximización de beneficios, todo ello, teniendo en cuenta restricciones específicas y considerando las restricciones de decisión discretas. Esto permitió tomar decisiones informadas y estratégicas que condujeron a mejoras significativas en la eficiencia y la rentabilidad. También, con otro estudio enfocado en el sector agroindustrial en la que solo necesitó de la formulación del modelo matemático de la demanda para determinar lo que se requerir para la producción de siembra, concluyendo en la optimización de sus recursos de un 65.7% a un 85.2% en beneficio al proceso productivo de siembre [22].

De igual forma sucede con la investigación en Colombia en una empresa molinera usando programación lineal entera para mejorar la productividad, específicamente en los recursos de la cosecha de arroz, como consecuencia, la empresa experimentó un aumento del 30 % en la productividad general con ventas anuales alrededor de \$144 000 000 y gastos totales de mantenimiento unos \$72 000 000. Concluyendo que, utilizando el modelo matemático, se puede planificar la producción de arroz teniendo en cuenta el costo de cada cultivo [15].

Además, la determinación de las variables de esta investigación estuvo estrictamente relacionada con los tipos de arroz que produce la empresa molinera en relación a la capacidad de las dos líneas de producción, es por ello que, las variables de decisión conjuntamente con la función objetivo y las restricciones, se procedió a cargar en un software Tora que determine la máxima capacidad. También, en la investigación enfocada en una entidad de bienes alimenticios (derivados de frutas naturales) tuvo como objetivo maximizar el rango de contribución mediante la programación lineal usando programa Excel Solver para el desarrollo, este programa se integra con Microsoft Excel y tiene una interfaz más limitada [5], por el contrario con esta investigación donde se hizo uso del software TORA, el cual ofrece realizar una programación más flexible y versátil permitiendo ingresar los datos de manera más intuitiva y estructurada, lo que facilita el modelado matemático de la función objetivo y las gráficas y diseños que pueden ser obtenidos.

Con respecto, al aumentar el margen de ganancia en la utilidad, en esta investigación se logró maximizar los beneficios económicos. Esto implica que el análisis y la optimización constante de la capacidad de producción permiten obtener mayores ganancias y asegurar la viabilidad económica del negocio. Contrariamente al estudio que se basó en el diseño de un sistema de producción utilizando la metodología de producción esbelta, los resultados muestran un escenario menos favorable desde el punto de vista económico. Esta investigación implicó un gasto de S/. 11,140 soles y, al analizar el retorno de la inversión, se

observa que se recupera solo S/. 1.61 soles por cada sol invertido. Es importante tener en cuenta que este estudio se llevó a cabo durante un período de 9 meses, lo que significa que el retorno de la inversión ocurrió en un tiempo relativamente largo. Esto indica que el impacto económico de la implementación del sistema de producción esbelta fue limitado, ya que no se logró generar un retorno significativo en comparación con la inversión realizada [10].

Del mismo modo, en la investigación enfocada en la maximización de la producción de café a través de la programación lineal, su fue mejorar el procedimiento de planificación de la empresa agropecuaria y forestal, utilizando modelos económico-matemáticos de programación lineal y uso del software TORA, hicieron esto considerando una serie de criterios, incluyendo la disponibilidad de tierra, el número mínimo de hectáreas, los costos, el rendimiento por tonelada y el éxito de los planes. La investigación mediante el uso del software TORA arrojó resultados óptimos ante los niveles de producción a nivel de planificación, incrementándolos en un 17,8% del dato de producción total de la entidad de 432 toneladas a 508,91 toneladas [14].

Por otro lado, en la ciudad de Cajamarca se desarrolló una investigación cuyo objetivo fue aumentar la productividad a través de la sugerencia de un proceso de costo para hacer queso mediante programación lineal entera; obteniendo así la muestra extraída de todos los procesos de producción; determinando cual sería la productividad del queso fresco actualmente se dio en 1,38; y la productividad propuesta, que se sugirió que fuera de 1,80; ambos variaron en un 30,91%; adicionalmente, la propuesta de productividad de queso maduro, que se dio en 1.20; y ambos variaron en 30.91%. Los autores llegaron a la conclusión de que el uso del proceso de costos ayudó con la toma de decisiones efectivas para un rendimiento óptimo, disminuyendo costos y aumentando la productividad, y su proyecto produjo una ganancia de S/ 0.38 por sol [19]. De igual forma, en un estudio establecido en la ciudad de Lima, el objetivo principal era expandir el proceso de fabricación en una industria de lubricantes de tipo aplicativo mediante la adopción de la programación

lineal. El modelo se creó en cinco meses y los resultados mostraron que era posible realizar una producción de 15 lotes más para el negocio, mejorando la productividad laboral y el servicio al cliente en un 14%. Se determinó que el modelo era viable porque generaba S/. 0.32 de una utilidad por cada sol invertido [20].

Finalmente, aplicando la programación lineal entera para analizar la capacidad de producción de cada tipo de arroz, los resultados obtenidos revelan indicadores positivos, se mostró como una opción rentable desde el punto de vista económico, ya que la inversión inicial de S/ 4,362.00 genera un ingreso de S/ 41,869.20 soles. Esto implica que por cada sol invertido se recupera S/ 2.66 soles, lo cual representa un retorno favorable. Es importante destacar que estos resultados favorables se obtienen al tener un seguimiento adecuado de la demanda de productos y al mejorar la capacidad real de producción. Como en la investigación en la ciudad de Chiclayo donde se mantuvo como principal objetivo incrementar la productividad utilizando herramientas enfocadas en la planificación de la producción, en este caso de una fábrica de lácteos, además de la productividad actual de 37.13 soles/operador y con la propuesta de productividad de 49.03 soles/operador, así como la productividad de m.p. Los autores del estudio encontraron que la idea puede conducir a un B-C de 1.41 y una ganancia de S/.0.41, lo que hace que el estudio sea realista [23].

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV.1. Conclusiones

Se concluye que tras la implementación de la programación lineal se redujo la utilidad no percibida a 12.83%, lo cual resulta benefactor para el Molino Santa Beatriz SAC.

Se logró realizar el diagnóstico de la situación actual del molino Santa Beatriz SAC, donde se identificó que existe productividad deficiente, ello conlleva a no cumplir con 424,404.84 kg de pedidos, obteniendo pérdidas económicas de S/ 209,061.17 haciendo referencia 16.66% de utilidad no percibida.

Mediante la aplicación de la programación lineal, se obtuvo la reducción de la utilidad no aprovechada de 16.66% a 12.83%, dando un beneficio económico adicional a la empresa de S/ 41,843.44.

Se evaluó el beneficio- costo de la empresa tras la implementación del modelo matemático propuesto, donde se obtuvo como resultado 1.83, lo cual hace referencia a que el proyecto es viable y logra ser rentable debido a por cada S/1.00 invertido se va a obtener S/0.83 de ganancia.

IV.2. Recomendaciones

Para determinar si se obtiene una mayor ventaja en la producción y, en consecuencia, en la utilidad de la organización, se recomienda para estudios futuros examinar técnicas adicionales de programación lineal que apoyen o complementen el modelo sugerido.

Se recomienda para investigaciones futuras que sería beneficioso realizar un análisis detallado sobre la optimización del inventario. Este análisis podría incluir técnicas avanzadas de gestión de inventarios, para determinar cuál es la cantidad óptima de cada variedad de arroz que debe mantenerse en inventario. Esto ayudaría a equilibrar los costos de almacenamiento con la demanda esperada, maximizando así la eficiencia operativa y reduciendo los costos asociados.

Además, sería relevante explorar cómo la integración de tecnologías emergentes, como el uso de sistemas de información avanzados o la automatización en la cadena de suministro, puede mejorar la precisión de las previsiones de demanda y optimizar aún más la producción y distribución de las diferentes variedades de arroz.

REFERENCIAS

- [1] M. Curillo, «ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA FÁBRICA ARTESANAL DE HORNOS INDUSTRIALES FACOPA,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85128187641&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=c9bed5d303961a26232fd82e2b8ae7b9&sot=b&sdt=cl&cluster=scosubjabbr%2C%22ENGI%22%2Ct&s=%28TITLE-ABS-KEY%28deming%29+OR+TITLE-ABS-KEY%28phva%29%29&s>.
- [2] H. S. Guevara, «Plan de producción farmacéutica de soluciones parentales con programación lineal,» 1 julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.proquest.com/docview/2557344552/D4F50257A1A34362PQ/4?accountid=39560>.
- [3] A. S. Crovo, C. Olivia San Martin y L. Pradenas Rojas, «MODELOS DE PROGRAMACIÓN ENTERA PARA UN PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN DE HORARIOS PARA UNIVERSIDADES,» 18 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://www.proquest.com/docview/203597504/fulltextPDF/D4F50257A1A34362PQ/11?accountid=39560>.
- [4] Frometa Moya Jorge Isarel y J. d. J. Perez Campos, «Modelo heurístico híbrido para la gestión de rutas de inventario en una entidad comercial de combustibles,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85108614559&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=programacion&st2=lineal&nlo=&nlr=&nls=&sid=df5551885340adebeb0f36a468531d26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2Ct&sl=55&s=%28TITLE-ABS-KE>.
- [5] G. Victor y D. Sabando Vera, «Modelo de programación lineal aplicado a una empresa pyme de calzado,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85057460426&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=programacion&st2=lineal&nlo=&nlr=&nls=&sid=a6d82228c206b4e9096cba1cd8fb18bf&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2Ct%2bscoaffilctry%2c%22Arg>.
- [6] M. Damian, M. Chambilla y Eizaguirre Juan, «Modelo de servicio ajustado para la gestión del mantenimiento utilizando un enfoque de programación lineal,» 30 marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85113818559&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=productivity&st2=programming&nlo=&nlr=&nls=&sid=326084624f8c225180e7ed2601478e35&sot=b&sdt=cl&cluster=scosubjabbr%2c%22ENGI%22%2Ct&sl=86&s=%28TITLE-AB>.

- [7] M. M. Morales Chavez, J. Soto Mejia y W. Sarache , «Un modelo de programación lineal entera mixta para la cosecha, carga y transporte de caña de azúcar: un estudio de caso en Perú,» junio 2018. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0012-73532016000100022&lng=en&nrm=iso&tlng=en.
- [8] D. Caudros Segovia y M. Mejia Puentes , «Desarrollo de un modelo de optimización de los procesos productivos de un laboratorio farmacéutico aplicando programación lineal entera mixta con múltiples objetivos,» junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81620149009.pdf>.
- [9] C. Lopez Bello y L. Gonzales Rodriguez, «La programación mixta como herramienta para la solución de problemas de Planeación Agregada Multietapas,» 2017. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4797299>.
- [10] V. C. Vasquez, «PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN APLICANDO PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA EMPRESA PRODUCCIONES NACIONALES TC. E.I.R.L,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8460/Cieza%20Vasquez%2c%20Veronica%20Violeta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [11] J. C. Cordova, «APLICACIÓN DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA PROCESADORA DE LÁCTEOS,» 2022. [En línea]. Available: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9632>.
- [12] Cacchiani, V. , Contreras-Bolton, C. , Escobar-Falcón y LM , Toth, P., «A matheuristic algorithm for the pollution and energy minimization traveling salesman problems,» 2022. [En línea]. Available: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85105435743&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=PROGRAMMING&st2=LINEAR&searchTerms=MIXED%3f%21%22*%24&sid=c0f76352704b5ee47138a03bb6465d98&sot=b&sdt=b&sl=79&s=%28TITLE-ABS-KEY%28PROGRAMMING%29+AND.
- [13] Xiong, Z. , Zhao, M. , Yuan, Z. , Xu, J. y Cai, L. , «Energy-saving optimization of application server clusters based on mixed integer linear programming,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-851393287&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=PROGRAMMING&st2=LINEAR&nlo=&nlr=&nls=&sid=c0f76352704b5ee47138a03bb6465d98&sot=b&sdt=b&sl=79&s=%28TITLE-ABS-KEY%28PROGRAMMING%29+AND+TITLE-ABS-KEY%28L>.
- [14] Silva, E. , Oliveira, JF , Silveira, T. , Mundim, L. y Carravilla, MA, «The Floating-Cuts model: a general and flexible mixed-integer programming model for non-guillotine and guillotine rectangular cutting problems,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85136706119&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=PROGRAMMING&st2=LINEAR&nlo=&nlr=&nls=&sid=c0f76352704b5ee47138a03bb6465d98&sot=b&sdt=b&sl=79&s=%28TITLE-ABS-KEY%28PROGRAMMING%29+AND+TITLE-ABS-KEY%28>.
- [15] Tordecilla, RD , Montoya-Torres, JR , Quintero-Araujo, CL , Panadero, J. y Juan, AA, «The location routing problem with facility sizing decisions,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85124514233&origin=resultslist&sort=plf-f>

&src=s&st1=PROGRAMMING&st2=LINEAR&nlo=&nlr=&nls=&sid=f47fd518d763b4d1ff12219414c36e76&sot=b&sdt=cl&cluster=scoexactkeywords%2c%22Integer+Programming%22%2ct%2c%22.

- [16] Er-Rahmadi, B. y Ma, T., «Data-driven mixed-Integer linear programming-based optimisation for efficient failure detection in large-scale distributed systems,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85125538723&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=PROGRAMMING&st2=LINEAR&nlo=&nlr=&nls=&sid=f47fd518d763b4d1ff12219414c36e76&sot=b&sdt=cl&cluster=scoexactkeywords%2c%22Integer+Programming%22%2ct%2c%22>.
- [17] A. Parkinson, «Linear programming based optimality conditions and approximate solution of a deterministic periodic optimal control problem in discrete time,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167691122001311>.
- [18] P. Neyra, «Scheduling of Multi-Robot Job Shop Systems in Dynamic Environments: Mixed-Integer Linear Programming and Constraint Programming Approaches,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030504832200177>.
- [19] I. Arrascue, «A Copula-based interval linear programming model for water resources allocation under uncertainty,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147972200891>.
- [20] M. Aramburú, «New constraint methods for multi-objective integer linear programming: A Pareto front representation approach,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221722006142>.
- [21] A. Ortega, «Mixed-integer linear programming, constraint programming and column generation approaches for operating room planning under block strategy,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X22000142>.
- [22] M. Monja y M. Sedan, «Aplicación de programación lineal en la planeación y programación de la producción de azúcar, para mejorar la productividad de la empresa agroindustrial Pomalca S.A.A,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X2200108>.
- [23] J. Cordova y F. Curo, «APLICACIÓN DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA PROCESADORA DE LÁCTEOS,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146685642100305>.
- [24] K. Odar, «A new method for solving the linear programming problem in an interval-valued intuitionistic fuzzy environment,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S111001682200251>.
- [25] N. Diaz y U. Andre, ADN organizacional y productividad en las empresas familiares Organizational DNA and productivity in the family business Introducción., Desarrollo Gerencial, 2018.
- [26] T. Fontalvo, Productivity and its factors: impact on organizational improvement, E. Gerenciales, Ed., 2017, p. 16.
- [27] P. L. Lopez, *POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO*, Cochabamba: Scielo, 2018.
- [28] T. P. Vera y J. Pirela Morillo, *La complejidad del análisis documental*, buenos aires, 2017.

ANEXOS

ANEXO N°01: GUÍA DE ENTREVISTA

FECHA:

ENTREVISTADOR:

EMPRESA:

ENTREVISTADO:

CARGO:

PREGUNTAS

Pregunta N°1: ¿Cuál es la capacidad de producción del molino?

Pregunta N°2: ¿Utilizan una herramienta - (Software) para proyectar la demanda de la producción?

Pregunta N°3: ¿Existen actualmente inconvenientes en el área de producción?

Pregunta N°4: ¿Conoce respecto a la herramienta de programación lineal?

Pregunta N°5: ¿Cuántos trabajadores laboran en el área de producción?

Pregunta N°6: ¿Cuál es la cantidad de materia prima utilizada mensualmente?

Pregunta N°7: ¿Qué equipos son utilizados en la producción?

Pregunta N°8: ¿Cuántas horas operan los equipos de producción mensualmente?

Pregunta N°9: ¿Cuántas horas labora cada operario mensualmente?

Pregunta N°10: ¿Cuál es el costo de la hora de trabajo de cada operario?

ANEXO N°02: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Universidad Señor de Sipán

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: Supo Rojas Dante

Grado Académico: Ingeniero Industrial

Cargo e Institución: Docente de la universidad Señor de Sipán

Nombre del instrumento a validar: entrevista

Autor del instrumento: Dávila Rodas Zoila Elizabeth

García Frías Vilma Julissa

Título del Proyecto de Tesis: Aplicación de la programación lineal entera para el aumento de la productividad en una empresa molinera, Lambayeque 2023

Deficiente: 1 Regular: 2 Bueno: 3 Muy bueno: 4

Indicadores	Criterios	Puntuación			
		1	2	3	4
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				X
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			X	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				X
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				X
Viabilidad	Es viable su aplicación				X
Puntaje parcial				3	16
Puntaje total		19			

Valoración

5 a 11: No válido (rechazar)

12 a 14: No válido (reformular)

15 a 17: Válido (mejorar)

18 a 20: Válido (aplicar)

Observaciones

.....

Fecha: 30/10/2022

Firma:

No. Colegiatura: _____

Dante A. Supo Rojas
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP. 37883

Universidad Señor de Sipán

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: Armas Zavaleta José Manuel

Grado Académico: Mg. Supply Chain Management

Cargo e Institución: Docente de la Universidad Señor de Sipán

Nombre del instrumento a validar: entrevista

Autor del instrumento: Dávila Rodas Zoila Elizabeth

García Frias Vilma Julissa

Título del Proyecto de Tesis: Aplicación de la programación lineal entera para el aumento de la productividad en una empresa molinera, Lambayeque 2023

Deficiente: 1 Regular: 2 Bueno: 3 Muy bueno: 4

Indicadores	Criterios	Puntuación			
		1	2	3	4
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				X
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			X	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				X
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				X
Viabilidad	Es viable su aplicación				X
Puntaje parcial				3	16
Puntaje total		19			

Valoración

5 a 11: No válido (rechazar)

12 a 14: No válido (reformular)

15 a 17: Válido (mejorar)

18 a 20: Válido (aplicar)

Observaciones

.....

Fecha: 01/11/2022

Firma:

No. Colegiatura:


José Manuel Armas Zavaleta
ING. INDUSTRIAL
R. CIP. N° 221101

Universidad Señor de Sipán

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: Osver Percy Prado Trujillano

Grado Académico: Mg. Ingeniero Civil

Cargo e Institución: Docente de la Universidad Señor de Sipán

Nombre del instrumento a validar: Entrevista

Autor del instrumento: Dávila Rodas Zoila Elizabeth

García Frías Vilma Julissa

Título del Proyecto de Tesis: Aplicación de la programación lineal entera para el aumento de la productividad en una empresa molinera, Lambayeque 2023

Deficiente: 1 Regular: 2 Bueno: 3 Muy bueno: 4

Indicadores	Criterios	Puntuación			
		1	2	3	4
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible			X	
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			X	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				X
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				X
Viabilidad	Es viable su aplicación				X
Puntaje parcial				2	3
Puntaje total		18			

Valoración

5 a 11: No válido (rechazar)

12 a 14: No válido (reformular)

15 a 17: Válido (mejorar)

18 a 20: Válido (aplicar)

Observaciones

.....

Fecha: 01/11/2022

Firma:

No. Colegiatura:



Ing. Osver Percy Prado Trujillano
Especialista Hidráulico
CIP. N° 83486

ANEXO N°03: PRONÓSTICO PRODUCCIÓN MENSUAL DEL 2023

Tabla 37. Pronóstico Producción Mensual -2023

		nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct
TIPO DE ARROZ	kg												
Arroz añejo (a1)	535600	630.435	340	570	800	1300	1400	1902	1340	730	600	100	1000
Arroz nir (a2)	160460	750	230	420	210	430	200	320	220	102	161	120	46
Arroz fresco grano (a3)	298501	670	320	430	276	732	456	789	1200	450	345	100	202
Arroz grano añejo (a4)	545200	470	537	745	610	920	590	780	2100	1999	800	803	550
Arroz grano popular (a5)	166138	700	240	320	410	340	500	203	300	120	300	92	98
Arroz grano largo (a6)	775304	840	652	655	912	1200	3802	2800	2000	1000	700	845	100
Arroz ribe (a7)	166008	440	234	103	92	410	380	449	820	150	100	62	80
TOTAL		4500	2553	3243	3310	5332	7328	7243	7980	4551	3006	2122	2076

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°04: TABLAS DE UTILIDAD MENSUAL

Periodo: noviembre 2021- octubre 2022, sin propuesta.

Tabla 38. Utilidad mensual sin propuesta

	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
Arroz añejo (a1)			S/	S/						S/		S/
	S/ 15,448	S/ 4,873	13,976	17,287	S/ 31,520	S/ 25,746	S/ 34,978	S/ 24,643	S/ 9,747	14,344	S/ 4,027	18,887
Arroz nir (a2)				S/								
	S/ 16,436	S/ 8,394	S/ 4,403	21,572	S/ 14,029	S/ 6,310	S/ 2,876	S/ 8,247	S/ 15,526	S/ 5,048	S/ 5,753	S/ 1,350
Arroz fresco grano (a3)		S/	S/									
	S/ 22,786	10,710	10,152	S/ 7,670	S/ 20,360	S/ 5,885	S/ 11,770	S/ 34,639	S/ 11,156	S/ 3,737	S/ 2,203	S/ 2,231
Arroz grano añejo (a4)		S/	S/							S/		
	S/ 8,834	12,763	15,238	S/ 9,856	S/ 27,252	S/ 16,624	S/ 12,536	S/ 54,459	S/ 24,754	13,172	S/ 6,359	S/ 6,086
Arroz grano popular (a5)	S/ 7,613	S/ 4,490	S/ 13,117	S/ 8,608	S/ 14,054	S/ 9,409	S/ 17,763	S/ 17,627	S/ 5,427	S/ 3,748	S/ 4,021	S/ 2,928
Arroz grano largo (a6)		S/	S/									S/
	S/ 22,589	13,061	17,347	S/ 6,864	S/ 10,918	S/ 110,106	S/ 83,984	S/ 38,227	S/ 22,849	S/ 11,005	22,878	S/ 7,935
Arroz ribe (a7)										S/		
	S/ 17,235	S/ 5,948	S/ 2,618	S/ 2,339	S/ 7,728	S/ 10,676	S/ 12,176	S/ 12,863	S/ 16,015	10,422	S/ 7,702	S/ 2,847

	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/
Total	S/ 110,940	60,239	76,852	74,195	125,861	184,756	176,083	190,704	105,473	61,476	52,944	42,264

Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

Periodo: noviembre 2021- octubre 2022, con propuesta.

Tabla 39. Utilidad mensual con propuesta

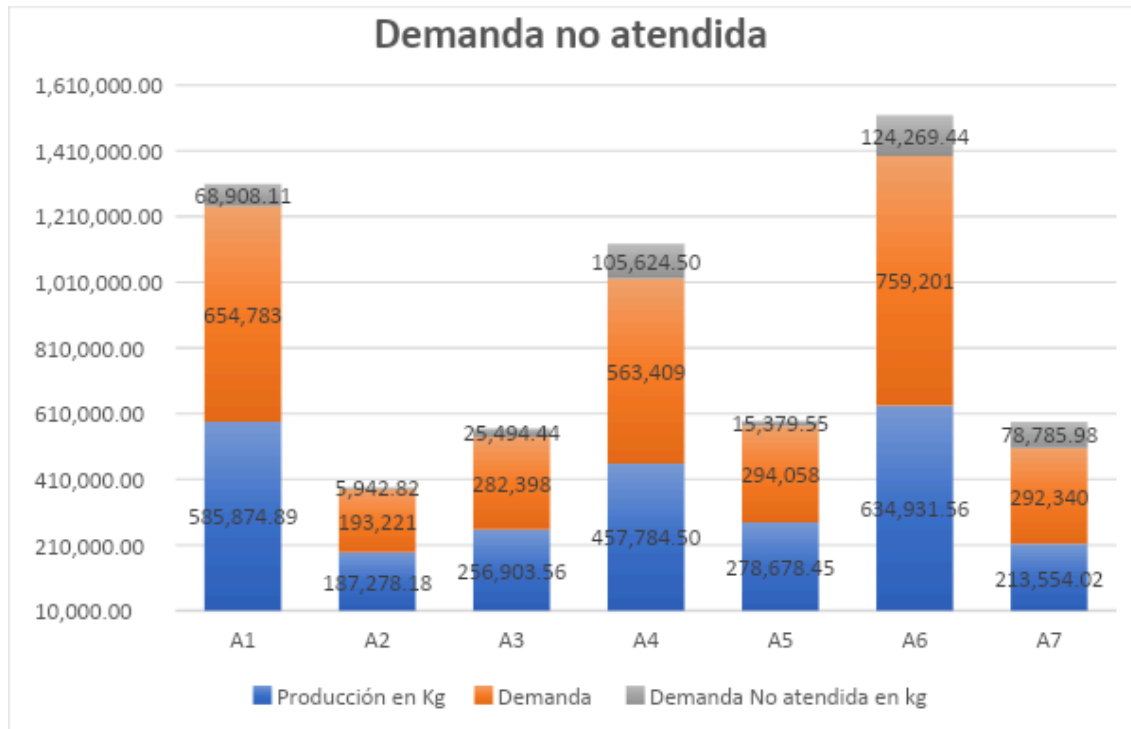
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
Arroz añejo (a1)	S/ 11,594	S/ 6,253	S/ 10,482	S/ 14,712	S/ 23,907	S/ 25,746	S/ 34,978	S/ 24,643	S/ 13,425	S/ 11,034	S/ 1,839	S/ 18,390
Arroz nir (a2)	S/ 22,013	S/ 6,751	S/ 12,327	S/ 6,164	S/ 12,621	S/ 5,870	S/ 9,392	S/ 6,457	S/ 2,994	S/ 4,725	S/ 3,522	S/ 1,350
Arroz fresco grano (a3)	S/ 18,686	S/ 8,925	S/ 11,993	S/ 7,698	S/ 20,415	S/ 12,718	S/ 22,005	S/ 33,468	S/ 12,551	S/ 9,622	S/ 2,789	S/ 5,634
Arroz grano añejo (a4)	S/ 10,674	S/ 12,195	S/ 16,919	S/ 13,853	S/ 20,893	S/ 13,399	S/ 17,714	S/ 47,691	S/ 45,397	S/ 18,168	S/ 18,236	S/ 12,491
Arroz grano popular (a5)	S/ 13,664	S/ 4,685	S/ 6,246	S/ 8,003	S/ 6,637	S/ 9,760	S/ 3,963	S/ 5,856	S/ 2,342	S/ 2,567	S/ 1,796	S/ 1,913
Arroz grano largo (a6)	S/ 24,326	S/ 18,882	S/ 18,969	S/ 26,412	S/ 34,752	S/ 110,106	S/ 81,088	S/ 57,920	S/ 28,960	S/ 20,272	S/ 24,471	S/ 2,896

Arroz ribe (a7)	S/ 11,185	S/ 5,948	S/ 2,618	S/ 2,339	S/ 10,422	S/ 9,660	S/ 11,414	S/ 20,844	S/ 3,813	S/ 2,542	S/ 1,576	S/ 2,034
Total	S/112,141	S/ 63,638	S/ 79,554	S/ 79,180	S/ 129,647	S/ 187,258	S/ 180,553	S/ 196,879	S/ 109,482	S/ 66,363	S/ 54,229	S/ 44,707

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°05: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA DEMANDA NO ATENDIDA

Figura SEQ Figura * ARABIC 13. Demanda no atendida



Fuente: Molino Santa Beatriz SAC

ANEXO N°06: RESOLUCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Figura 14. Introducción al modelo matemático al Software TORA

The screenshot shows the TORA Linear Programming interface. At the top, the problem title is "MODELO MATEMATICO", with 7 variables and 3 constraints. The main area is the "INPUT GRID - LINEAR PROGRAMMING" table.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	Enter <, >, or =	R.H.S.
Var. Name	A1L1	A2L2	A3L1	A4L2	A5L1	A6L1	A7L2		
Maximize	18.39	29.35	27.89	22.71	19.52	28.96	25.42		
Constr 1	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	<=	1743336.77
Constr 2	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	<=	871668.39
Constr 3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	>=	1.00
Lower Bound	535600.00	112200.00	232400.00	645200.00	150035.00	615080.00	166008.00		
Upper Bound	654783.00	193221.00	282398.00	563409.00	294058.00	759201.00	292340.00		
Unrestr'd (y/n)?	n	n	n	n	n	n	n		

At the bottom, there are buttons for "SOLVE Menu", "MAIN Menu", and "Exit TORA".

Fuente: Elaboración Propia

Figura 15. Función Objetivo

The screenshot shows the "LINEAR PROGRAMMING OUTPUT SUMMARY" window. It displays the final iteration number (5) and the objective value (Max) as 64266162.26. Below this is a table with columns for Variable, Value, Obj Coeff, and Obj Val Contrib.

Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val Contrib
x1: A1L1	535600.00	18.39	9849684.00
x2: A2L2	160460.39	29.35	4709512.45
x3: A3L1	282398.00	27.89	7876080.22
x4: A4L2	545200.00	22.71	12381492.00
x5: A5L1	166137.77	19.52	3243009.27
x6: A6L1	759201.00	28.96	21986460.96
x7: A7L2	166008.00	25.42	4219923.36

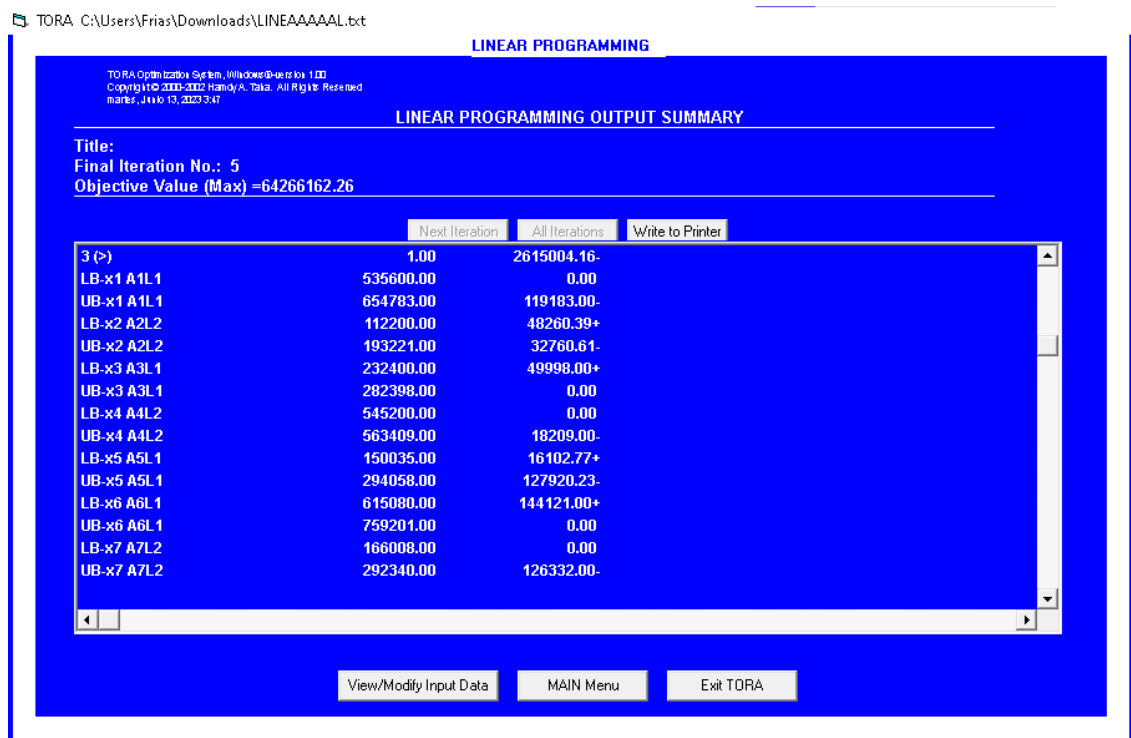
Below the table, there is a section for constraints with columns for Constraint, RHS, and Slack-/Surplus+.

Constraint	RHS	Slack-/Surplus+
1 (<=)	1743336.77	0.00
2 (<=)	871668.39	0.00
3 (>=)	1.00	2615004.16-
LB-x1 A1L1	535600.00	0.00
UB-x1 A1L1	654783.00	119183.00-
LB-x2 A2L2	112200.00	48260.39+
UB-x2 A2L2	193221.00	32760.61-

At the bottom, there are buttons for "View/Modify Input Data", "MAIN Menu", and "Exit TORA".

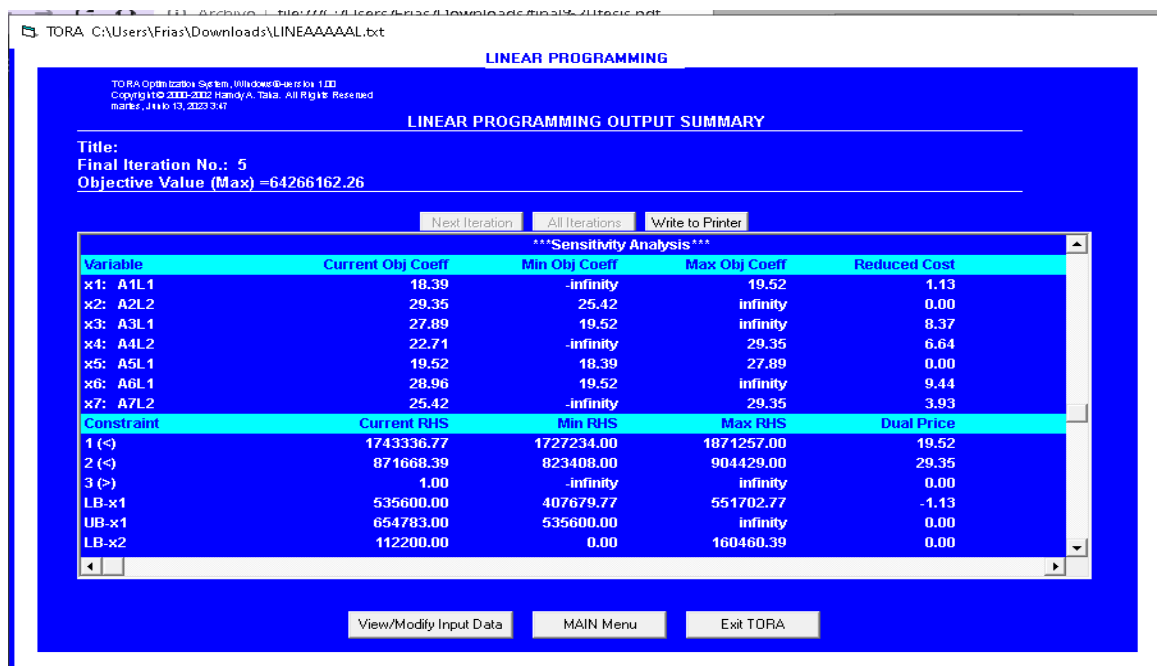
Fuente: Elaboración Propia

Figura 16. Restricciones



Fuente: Elaboración Propia

Figura 17. Análisis de Sensibilidad



Fuente: Elaboración Propia

Figura 18. Análisis de Sensibilidad de la Producción

TORA C:\Users\Frias\Downloads\LINEAAAAAL.txt

LINEAR PROGRAMMING

TORA Optimization System, Windows/Batteries 1.00
Copyright © 2002-2002 Handy A. Taha. All Rights Reserved
mar02, Julio 13, 2023 3:47

LINEAR PROGRAMMING OUTPUT SUMMARY

Title:
Final Iteration No.: 5
Objective Value (Max) =64266162.26

	Next Iteration	All Iterations	Write to Printer	
LB-x1	535600.00	407679.77	551702.77	-1.13
UB-x1	654783.00	535600.00	infinity	0.00
LB-x2	112200.00	0.00	160460.39	0.00
UB-x2	193221.00	160460.39	infinity	0.00
LB-x3	232400.00	0.00	282398.00	0.00
UB-x3	282398.00	154477.77	298500.77	8.37
LB-x4	545200.00	512439.39	593460.39	-6.64
UB-x4	563409.00	545200.00	infinity	0.00
LB-x5	150035.00	0.00	166137.77	0.00
UB-x5	294058.00	166137.77	infinity	0.00
LB-x6	615080.00	0.00	759201.00	0.00
UB-x6	759201.00	631280.77	775303.77	9.44
LB-x7	166008.00	133247.39	214268.39	-3.93
UB-x7	292340.00	166008.00	infinity	0.00

View/Modify Input Data MAIN Menu Exit TORA

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°07: ANÁLISIS BENEFICIO-COSTO

Tabla 40. Cálculo de Beneficio – Costo

Interés Banco BCP	12%
INGRESOS (VAN)	S/ 21,797.87
EGRESOS	S/ 3,894.64
COST+INVERTISIÓN	S/ 8,256.64
B/C	2.64

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°08: CONSENTIMIENTO INFORMADO

MOLINO SANTA BEATRIZ S.A.C

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Chiclayo, 02 de junio del 2022

Señor(es): LUIS ALBERTO RUEDA SAMAME

Universidad Señor de Sipán – Sede Chiclayo

De mi mayor consideración

La empresa Molino Santa Beatriz SAC autorizo a: Zoila Elizabeth Davila Rodas identificada con DNI 75194456 y Vilma Julissa García Frias 72225685 con DNI estudiantes de la facultad de Ingeniería y Arquitectura, de la escuela profesional de Ingeniería Industrial para que inicie las investigaciones pertinentes para desarrollar la tesis titulada: **“APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA PARA EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MOLINO SANTA BEATRIZ S.A.C.”**

Por medio de la presente, se deja constancia de lo antes señalado.

Atentamente.



DNI: 33564044

NOMBRE DEL TRABAJO

**TUR de TESIS FINAL_DAVILA,GARCIA.20
24 (1).docx**

RECUENTO DE PALABRAS

12041 Words

RECUENTO DE CARACTERES

63781 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

71 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.1MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 23, 2024 3:00 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 23, 2024 3:01 PM GMT-5


● **11% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

	ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN	Código:	F3.PP2-PR.02
		Versión:	02
		Fecha:	18/04/2024
		Hoja:	1 de 1

Yo, Jorge Tomás Cumpa Vásquez, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial, he realizado el segundo control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final del informe titulado: Aplicación de la Programación Lineal Entera para el Aumento de la Productividad en una Empresa Molinera, Lambayeque 2023, elaborado por los estudiantes DAVILA RODAS ZOILA ELIZABETH GARCÍA FRIAS VILMA JULISSA.

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del 11%, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Derechos Reservados - Copyright
Dirección de Tecnologías de la Información
Desarrollo de Sistemas
eSeuss@uss.edu.pe

Pimentel, 23 de setiembre de 2024



Mg. Jorge Tomás Cumpa Vásquez
Coordinador de Investigación
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial