

Modelo predictivo ajustado al proceso de molienda y el efecto en la rentabilidad económica simulado con Montecarlo, una empresa procesadora de arroz

Luis Escalante-Correa, Bachiller¹ y Teodoro Geldres-Marchena, Maestro en Ingeniería Industrial²

¹Bachiller de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte (UPN), Perú, N00077567@upn.pe,

²Ingeniero Docente de la Universidad Privada del Norte (UPN), Perú, teodoro.geldres@upn.edu.pe

Resumen – El objetivo principal de la investigación fue demostrar el efecto de la implementación de un modelo predictivo ajustado al proceso de molienda en la rentabilidad económica de una empresa molinera de arroz, utilizando datos de las áreas de calidad y producción para modelar una ecuación de regresión múltiple, con la técnica Paso a Paso en Minitab 19, obteniendo los siguientes indicadores: R^2 predictivo = 95.81% y PRESS = 47.5168, explicando que dicha ecuación se ajusta al proceso de molienda, es significativo y posee alta capacidad predictiva. Por consiguiente, la ecuación fue simulada con Montecarlo mediante el análisis de probabilidades y rangos en MS-Excel, obteniendo ingresos operacionales ascendentes a S/. 3,263,787.74 correspondiente a una mejora del 3.94% con respecto al 2019, además la rentabilidad económica de la empresa mejoró a un 9.34% en Margen de Utilidad Neta y un 15.92% en el ROA. Finalmente, se realizó el análisis financiero del proyecto obteniendo un VAN Financiero de S/. 284,307.56, un TIR Financiero de 133% y un Beneficio-Costo de S/1.10, por lo que la propuesta de inversión es viable para la empresa.

Palabras Clave — Proceso de Molienda de Arroz, Análisis de Calidad, Regresión Lineal Múltiple, Simulación Montecarlo, Minitab.

I. INTRODUCCIÓN

La Industria Molinera de Arroz (Cosecha, Procesamiento y Comercialización), es una de las industrias más importantes en el mundo debido a que actualmente se estima que los flujos en 2020 alcanzarán los 496.22 millones de toneladas, es decir, un 4 % más que el año pasado [1], siendo Asia el continente predominante de estos indicadores con China e India, como abanderados de la producción mundial, y países en crecimiento como Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Tailandia, Birmania y Filipinas [2].

En el Perú, el arroz es uno de los principales cultivos alimenticios, así como la papa y el maíz, también es uno de los productos que más aporta al PBI agropecuario (9.5 %), sin embargo, en los últimos años la producción de arroz ha crecido a un ritmo bajo, debido en parte a la movilización de inversiones hacia otros negocios agrícolas más rentable [3], la costa representa la mayor producción de arroz pilado (procesado), dentro de sus principales regiones se encuentran: Lambayeque, La Libertad, Arequipa y Lima; con un 73% de la producción nacional sirviendo como punto de distribución hacia todos los

mercados mayoristas nacionales, siendo la capital el punto central debido al número de habitantes [4].

Para el proceso de molienda de arroz, los factores que determinan la calidad molinera son: la capacidad del campo cultivado para producir los mayores porcentajes de grano entero y pulido, los cuidados adecuados que se haya tenido con desde la siembra hasta cosecha [5], el porcentaje de humedad (%H) del arroz en cáscara debe ser como máximo 14% [6], dicho indicador le ofrece al grano una mayor resistencia a la fricción realizada por las máquinas descascaradoras, pulidoras y abrillantadoras de la molienda, para considerarlos granos de primera calidad deben poseer más del $\frac{3}{4}$ del tamaño del grano entero procesado y los granos quebrados, entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ [7].

Para las empresas molineras del Valle Jequetepeque, la determinación del quebrado del arroz en cáscara ingresante a planta sirve para obtener el pago por los servicios de maquila a los agricultores, la empresa en cuenta con un molino de laboratorio Suzuki MT-94 de 17 años el cual brinda resultados de calidad que difieren con la producción final ocasionando pérdidas del 20% por saco procesado y representa pérdidas trimestrales ascendentes a S/ 50,925.00.

Si la empresa no implementa un método para mitigar las pérdidas antes expresadas, corre el riesgo de generar pérdidas estimadas de S/ 200,000.00 para la campaña venidera lo que representa el 60% de las utilidades del año 2019, otro riesgo es la credibilidad con sus proveedores de arroz en cáscara (agricultores), dichos factores podrían generar cierres de año con cifras negativas. Ante la realidad plasmada, se plantea la siguiente interrogante ¿Cuál es el efecto de la implementación de un modelo predictivo ajustado al proceso de molienda en la rentabilidad económica de una empresa molinera de arroz?

La presente investigación determina un modelo matemático predictivo ajustado al proceso de molienda mediante el análisis de regresión multivariada a fin de determinar con mayor exactitud los porcentajes de quebrado (%Q) del arroz cáscara que ingresa a producción y un diseño de simulación por Montecarlo en el horizonte posterior de un (01)

año calendario para demostrar su impacto en la rentabilidad económica.

Por lo tanto, esta investigación permite conocer las potencialidades de los modelos de regresión diseñados en software durante la toma de decisiones en las industrias; también, sirve de gran apoyo para demostrar el impacto económico a mediano y largo plazo, en caso de ser bien ejercidos por las empresas, con herramientas de ingeniería industrial, como, por ejemplo, la simulación, que ayudarán a planificar las estrategias y perfeccionar los planes con miras a la mejora continua.

II. METODOLOGÍA

La investigación por su diseño es propositiva, debido a que tiene como objetivo proponer una metodología de predicción y validación mediante simulación de Montecarlo que permitirá demostrar el impacto en la rentabilidad económica de la empresa analizada. El estudio por su naturaleza está enfocado en una ciencia formal dado que las herramientas utilizadas corresponden a la rama de ingeniería industrial que ha sido validada y ajustada al proceso de molinería.

Los enfoques cuantitativos representan un conjunto de procesos cuya característica principal es la secuencialidad y se puede demostrar numéricamente [8], por lo que la muestra de los resultados de calidad durante el ingreso de arroz en cáscara, el rendimiento de maquila y análisis de calidad de producto terminado de los lotes procesados durante el 2019 se adaptan a las características del enfoque sustentado, mismo que será base para la metodología general de la investigación y se explica a continuación: en primer lugar se realizará un diagnóstico económico-financiero de la empresa molinera de arroz, luego se validará un modelo de regresión múltiple significativo ajustado al proceso de molienda, después se simularán escenarios mediante Montecarlo que permitirá obtener a priori los ingresos esperados para el 2020, por consiguiente se determinará la variabilidad del rendimiento económico de la empresa molinera de arroz y finalmente se analizará la viabilidad de la propuesta.

En la primera fase, se adapta el método científico de bolsillo [9] que utiliza las herramientas básicas de la calidad cuya particularidad es que se ajusta a los entornos cambiantes de la industria molinera y a los requerimientos económicos expresados en la investigación, dicho procedimiento se explica a continuación: se inicia con la identificación del problema (causa-efecto), por consiguiente se costea en base al análisis de Pareto las causas inherentes, luego se plantean herramientas de ingeniería para la solución, después se aplican criterios de selección de la herramienta y finalmente se determina el diagnóstico económico de la empresa.

En la segunda fase, se adapta la metodología de análisis de regresión múltiple [10] a un proceso de modelización integral de seis (06) fases, las cuales se explican a continuación: se adapta el diagnóstico y el objetivo de la investigación a la

técnica multivariante; en segundo lugar, se realiza el plan de análisis de la metodología, por consiguiente, se evalúan los supuestos básicos de la técnica multivariante, asimismo se estima el modelo multivariante seguido de la valoración de ajuste, se interpretan los valores teóricos y finalmente se valida el modelo.

En la fase 3, se utiliza la metodología fases de un estudio de simulación [11] que consiste en: interpretar el problema de la investigación, luego se especifican las variables y parámetros de simulación, después se construye el modelo de simulación, posteriormente se operacionalizan los ingresos al sistema de simulación, se realiza la simulación de escenarios y se analizan los resultados mediante estadística descriptiva. La metodología es una adaptación de los requerimientos estadísticos en los muestreos sistemáticos de las áreas de calidad y producción de la empresa molinera que en conjunto al método Montecarlo adicionarán variables aleatorias [12].

En la fase 4, se analiza el impacto de la implementación del modelo predictivo simulado para el año 2020 en el ROA y Margen de Utilidad Neta del 2019 obtenido de la fase 1. La variación que se obtiene de estos resultados es determinante para conocer el efecto en el rendimiento económico de la empresa en el 2020.

Para la fase final, se validan los resultados de regresión y simulación como un proyecto de inversión, de acuerdo al siguiente procedimiento: se diseña y desarrolla la propuesta de mejora, se costea la inversión necesaria para el proyecto, se selecciona la mejor opción de financiamiento y, por último, se interpretan los indicadores de viabilidad económico-financiera del proyecto.

III. RESULTADOS

A. Realizar un diagnóstico situacional de la empresa molinera de arroz para determinar las pérdidas económicas y el impacto en su rentabilidad 2019.

La Causa Raíz 1, llamada “Falta de Orden y la Limpieza” ha generado tiempos muertos durante el desarrollo de las laborales, en primer plano se detalla la ubicación de los materiales en los distintos puestos del área tales como: Maquinista con 50 horas, Auxiliar de Almacén con 89.5 horas y Estibadores con 51.5 horas, contabilizando una pérdida total de S/ 1,677.45. Por otro lado, el número de materiales perdidos y deteriorados que influyen en el proceso productivo como, por ejemplo: Sacos de polipropileno 49 kg, rodillos verticone, hilo pabilo, cangilones, fajas, rodillos estáticos, motor, anclajes; hallando una pérdida total de S/ 6,385.5, por consecuencia la pérdida por esa causa raíz asciende de S/ 8,062.95 en el 2019.

La Causa Raíz 2, “Falta de Capacitación y Entrenamiento” los costos por reprocesos que tiene como estándar la empresa es S/ 1.30, y durante el año se tuvo un total de 4,930 sacos reprocesados ascendiendo la pérdida a S/ 6,409.00, por otro

lado, las mermas incurridas durante el reproceso registran el 10% en pérdidas en promedio del total, debido a las funciones de pulido y abrillantado, generando 34.5 TN de mermas que representa un total de S/ 10,353.00, contabilizando un total de S/ 16,762.00.

La Causa Raíz 3, “Falta de un Plan de Mantenimiento”, la empresa cuenta con 25 máquinas y 40 motores, se contabilizaron un total de 86 paradas contando con un MTTR de 265 horas, generando una pérdida de S/ 45,011.10, los motores registraron un total de 94 paradas y un MTTR de 357.5 horas, generando pérdidas que ascienden a los S/ 18,382.50, los modos de fallas son: falta de aceite, cambio de rodamientos, engranajes y potencia eléctrica. El monto total que asciende en esta causa raíz es S/ 63,393.60.

La Causa Raíz 4 “Estimaciones Empíricas”, calidad es el área responsable de cotizar la materia prima que ingresa de los agricultores, porque manejan precios en escalas de su % de Humedad (°H) como, por ejemplo: si el arroz llega con un máximo de 15% de °H su cobro por saco procesado es S/ 10.00; si excede hasta 25%, S/ 8.00; si excede hasta 35%, S/ 7.50; si excede a más se cobra S/ 6.50. Ante lo mencionado, la empresa ha venido generando ingresos promedios semanales de S/ 56,930.00, lo que representa un déficit dado que los resultados de producción del procesamiento de la planta se estima que el ingreso debió ser S/ 58,050.00. En las mediciones anuales de este problema se están generando pérdidas económicas que ascienden hasta S/ 203,700.00 por mala estimación de humedad durante el 2019.

Las causas raíces están generando pérdidas que ascienden a S/ 291.918.55, las cuales impactan fuertemente en la rentabilidad de la empresa. En la tabla I, se presenta un resumen de las pérdidas que genera cada causa raíz. Para determinar la causa raíz a analizar, fue necesario buscar una solución desde la Ingeniería Industrial, para ello se empleó el análisis de todas las herramientas disponibles y susceptibles de ser aplicadas.

TABLA I
HERRAMIENTAS PROPUESTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Dimensión	Problema	Causa raíz	Herramienta propuesta
Materiales	No se ubican herramientas y materiales	Falta de orden y limpieza	H1: 5 S
Mano de obra	Personal opera inadecuadamente	Falta de capacitación y entrenamiento	H2: Plan de capacitación
Máquina	Elevado número de fallas	Falta de un plan de mantenimiento	H3: Mantenimiento preventivo
Métodos	Mala estimación de rendimientos de molienda	Estimaciones empíricas	H4: Análisis de regresión multivariada

Para seleccionar la herramienta se realizó el análisis de Pareto lo cual permitió identificar las causas y efectos en la

empresa bajo la perspectiva del 80:20, tal como se aprecia en la figura 8, y la matriz de priorización de problemas, donde se analizaron, con apoyo del jefe de producción y calidad, las restricciones de la investigación resultando como mejor opción el Análisis de Regresión Multivariada, ver tabla II.

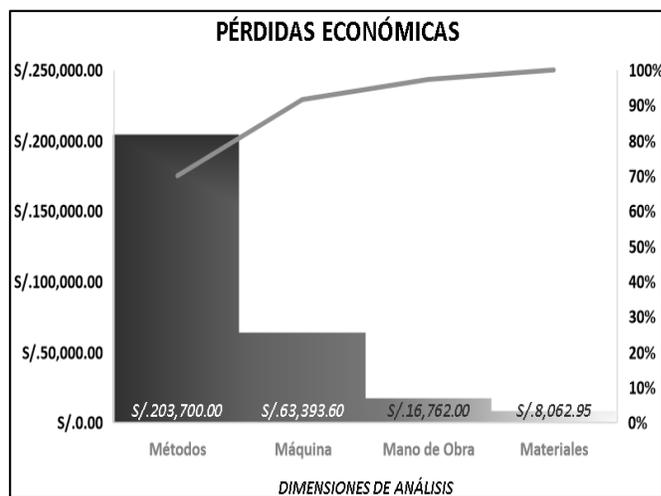


Fig. 8 Diagrama de Pareto para analizar las pérdidas económicas de la empresa

TABLA II
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Restricciones para la investigación	Pd.	Herramientas propuestas			
		H.1	H.2	H.3	H.4
Económica	0.5	3	2	1	2
Sostenibilidad	0.15	1	2	3	2
Seguridad	0.15	1	3	3	3
Tiempo de implementación	0.2	2	2	1	3
Total		2.2	2.2	1.6	2.4

Para el diagnóstico económico de la empresa se analizaron los datos financieros de la empresa, obteniendo los siguientes indicadores: El margen de utilidad neta (M.U.N.), que refleja la capacidad de generar ganancias correspondientes a sus ventas totales; no obstante, en el rubro de servicios agrícolas la media fluctúa entre 3% y 5%, sin embargo, la empresa cuenta con 1.50% de margen. El siguiente indicador es el Rendimiento sobre Activos (ROA), por la automatización de la planta ayuda que dicho indicador ofrezca un diagnóstico integral del activo que participa en el proceso, encontrándose el 5% en promedio de empresas del sector; sin embargo, la empresa cuenta con 2.71%. En las figuras 9 y 10, se puede observar las variaciones importantes en los indicadores analizados de los últimos 5 años.

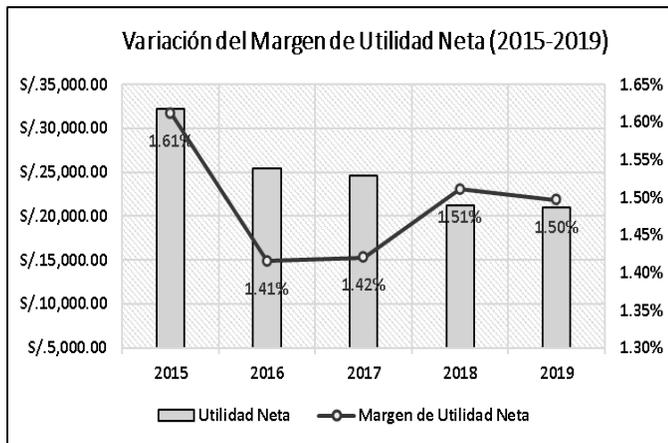


Fig. 9 Variación del Margen de Utilidad Neta (2015-2019)

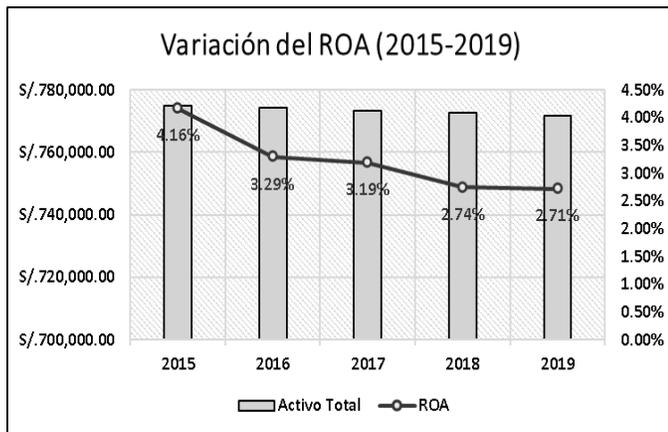


Fig. 10 Variación del ROA (2015-2019)

B. Validar un modelo de regresión múltiple significativo ajustado al proceso de molienda para mejorar los resultados del análisis de calidad

El objetivo principal de regresión múltiple es determinar un modelo matemático predictivo ajustado al proceso de molienda a fin de determinar con mayor exactitud los porcentajes de quebrado (%Q) del arroz cáscara que ingresa a producción por lo que se caracterizaron y categorizaron las siguientes variables para el diseño del análisis. Ver tabla III.

- **% Rendimiento Real:** Rendimiento real del lote al culminar proceso productivo.
- **% Análisis de Calidad:** Rendimiento a priori que el molino obtiene en su laboratorio para generar ingresos por cada lote a procesar.
- **Sacos Procesados:** Sacos de arroz que ingresaron a producción.
- **Variedad de Arroz:** Define a los tipos de arroz que se van a procesar, donde los 3 más comerciales son: NIR, Tinajones y Plaza.

TABLA III
CATEGORIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Descripción	Tipo de variable
Y	% rendimiento real	Númerica continua
X1	% análisis de calidad	Númerica continua
X2	Sacos procesados	Númerica continua
X3	Variedad de arroz	Catagórica

En el plan de análisis se determinó que se deben seleccionar 96 reportes de la empresa para alimentar la base de datos a trabajar en Minitab, desarrollándose con la fórmula estadística del tamaño de muestra, con una significancia del 5% y ajustándose al proceso de molienda con las siguientes premisas:

- Seleccionaron las 3 variedades más comerciales: NIR, Tinajones y Plaza.
- Las muestras no deben exceder los 100 sacos por lote, debido a que la planta cuenta con un rendimiento en promedio de 100 sacos/hrs, permitiendo tomar como un mínimo permitido de estimación para el llenado de tolvas y la calibración de máquina.
- Las 96 observaciones de cada variable independiente del modelo se dividieron de manera homogénea en 8 observaciones para las 12 semanas.
- Las 8 observaciones se tomaron según el orden de ingreso a la empresa, con el fin de no alterar su linealidad durante la producción.

La obtención de la ecuación de regresión se obtuvo mediante la Técnica de Selección Paso a Paso, concluyendo que la variable catagórica “Variedad de Arroz”, no era significativa en el modelo de regresión dado que su Cp de Mallows es 4.75 y la ecuación es la siguiente:

$$Y = 0.001 + 0.9317X_1 - 0.000339X_2 \quad (1)$$

Donde, Y: Rendimiento Real; X1: Análisis de Calidad, X2: Sacos Procesados.

En primera instancia, el análisis de significancia global se obtuvo como resultado que el coeficiente de X1 - “Análisis de Calidad” es 0.9317 y nos hace inferir que es la variable que tiene mayor impacto en la predicción del rendimiento real (Y), para el análisis de significancia parcial se obtuvo lo siguiente: La constante de regresión posee un Valor T = 0 y un Valor P = 0.999, interpretando que no es significativo al modelo, la Variable X1 – Análisis de Calidad, nos muestra un valor T de 47.48, estimando positivamente al modelo y un valor P=0, el cual es < 0.05, rechazando la hipótesis nula y se concluye que la dependencia lineal es estadísticamente significativa, además que el valor FIV es 1.05, demostrando que está moderadamente correlacionada con el modelo, por otro lado la Variable X2 – Sacos Procesado muestra un valor T de -3.25, indicando una estimación inversa al modelo y un valor P=0.002, el cual es

menor que 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la dependencia lineal es estadísticamente significativa, además el valor FIV es 1.05, demostrando que está moderadamente correlacionada con el modelo. Para la prueba de bondad de ajuste los indicadores que se obtuvieron para el modelo de regresión múltiple fueron: $R^2 = 96.12\%$ y R^2 Ajustado= 96.04%, y se interpreta que el modelo se ajusta en un 96.12% del 100% a los datos recolectados y explican el comportamiento de estas. En el análisis de multicolinealidad el resultado de correlación al 95% de significancia es 0.217, el cual indica que estas variables independientes Análisis de Calidad (X1) y Sacos Procesados (X2) no están correlacionadas, apoyando a que el modelo sea estable, significativo y ajustado a los datos.

Para la validación del modelo de regresión se realizó las pruebas de los supuestos y del estadístico PRESS:

- La Prueba de Normalidad se realizó para verificar si los residuos siguen o no una distribución normal, para ello se aplicó la prueba de Kolmogorov Smirnov en donde se obtuvo el indicador de 0.09 y su valor P de 0.054, el cual ambos superan al 1% y 5% respectivamente, concluyendo que la hipótesis nula no se rechaza porque los datos siguen una distribución normal.
- La Prueba de Normalidad bajo el ajuste del Histograma observa que la desviación estándar es 0.6805, indicando que los residuos tienen poca dispersión y la gran parte se encuentra bajo el área de la distribución normal.
- La prueba de Durbin Watson, nos indica la independencia de los residuos (residuos no correlacionados) y su valor es 2.2322, el cual se encuentra en el rango de [1.66866 - 2.31134] perteneciente a la región de aceptación de la hipótesis nula, de no existencia de correlación de los residuos.
- El valor del estadístico PRESS es 47.5168, el cual es un valor menor que 1000, por lo que tiene poca validez de predecir valores eliminados en el desarrollo del modelo, justificando una fuerte capacidad predictiva.
- El valor de R^2 pronosticado es 95.81%, el cual es muy cercano al 100% y indicando que el modelo es válido, ajustado y significativo, para predecir una respuesta para nuevas observaciones en el rubro de molinería.

C. Simular escenarios mediante Montecarlo que nos permita obtener a priori los ingresos esperados para el año 2020

Para esta sección se diseñó el plan de simulación con Montecarlo, como objetivo de obtener datos ajustados a la realidad que permitan analizar el rendimiento real de las maquilas utilizando la ecuación de regresión, en la

especificación de las variables de entrada se detallan en la siguiente tabla:

TABLA IV
ESPECIFICACIÓN DE VARIABLES DE SIMULACIÓN

Input	Tipo de análisis
Variedad de Arroz	Probabilidades
Análisis de Calidad (%)	Rangos
Sacos procesados	Rangos
Rendimiento real (%)	Regresión múltiple

En la construcción del modelo se diseñaron los siguientes parámetros de operacionalización en MS-Excel para cada variable descrita en el párrafo anterior:

TABLA V
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DE SIMULACIÓN

Input	Tipo de análisis	Operacionalización
Variedad de arroz	Probabilidades	Función lógica "si" - anidado
Análisis de calidad (%)	Rangos	$V.min + (v.max - v.min) * (random - r.min) / prob$
Sacos procesados	Rangos	$V.min + (v.max - v.min) * (random - r.min) / prob$
Rendimiento real (%)	Regresión múltiple	$0.001 + (0.9317 * a. Calidad sim.) - (0.000339 * sacos procesados sim.)$

Se determinaron 100 corridas de simulación para 52 semanas para resultados promedios significativos y como resultados se obtuvieron:

- Si la empresa mantiene su proceso con las muestras empíricas en el área de calidad, se estimarán ingresos de S/ 3,140,154.00.
- Si la empresa implementara el modelo matemático propuesto por regresión lineal múltiple se estimarían ingresos de S/ 3,263,787.75.
- Se estima que incrementarán los ingresos por maquila a S/ 123,633.75, incidiendo directamente en sus ventas y, por consecuencia, su rentabilidad.

D. Determinar la variabilidad del rendimiento económico de la empresa molinera de arroz

En esta sección se presentan los resultados de los estados financieros de la empresa molinera de arroz donde demuestra el efecto de simular la implementación del modelo matemático de regresión múltiple. El primer impacto se ve reflejado en el Balance General de la empresa para el 2020, dado que supuesto de incremento anual se ve influenciado en el crecimiento promedio que la empresa ha tenido en los últimos 5 años, que en este caso es el 2% de incremento anual y el elemento que obtiene un incremento considerable es efectivo de los activos,

dado que se adiciona S/ 123,633.75 al incremento antes mencionado. El segundo impacto se obtiene en el estado de ganancias y pérdidas para el año 2020 porque los resultados de la simulación corresponden a los ingresos por maquila, pues se le adicionaron S/ 123,633.75, lo que mejora las ganancias netas de S/ 145,433.08.

Dichas mejoras determinaron una variación en el Margen de Utilidad Neta 2020 del 16% en las utilidades netas y un 10.83% en las ventas, los cuales afectaron de manera proporcional al incremento de margen de utilidad neta en un 524.52%.

TABLA VI
VARIACIÓN DEL MARGEN DE UTILIDAD NETA 2019-2020

Año	Utilidad neta	Ventas totales	Margen de utilidad neta
2019	S/.20,949.24	S/.1,400,055.23	1.50%
2020	S/.145,001.90	S/.1,551,690.08	9.34%
<i>Beneficio</i>	<i>S/.124,052.66</i>	<i>S/.151,634.85</i>	-
<i>Var. %</i>	<i>592.16%</i>	<i>10.83%</i>	<i>524.52%</i>

De igual manera se determinó un incremento 592.16% en la utilidad neta y un 18.02% en activos, los cuales afectaron de manera proporcional al incrementar el ROA en un 486.48%.

TABLA VII
VARIACIÓN DEL ROA 2019-2020

Año	Utilidad neta	Activo total	Roa
2019	S/.20,949.24	S/.771,774.32	2.71%
2020	S/.145,001.90	S/.910,843.49	15.92%
<i>Beneficio</i>	<i>S/.124,052.66</i>	<i>S/.139,069.17</i>	<i>13.21%</i>
<i>Var. %</i>	<i>592.16%</i>	<i>18.02%</i>	<i>486.48%</i>

E. Evaluar económica y financieramente el proyecto propuesto

La propuesta desarrollada ante la causa raíz 4 “Estimaciones Empíricas”, acota que el modelo matemático predictivo y ajustado al proceso de molienda desarrollado con la metodología de regresión lineal múltiple, influye en mejorar las condiciones económicas de la empresa, sin embargo, el modelo por sí solo no puede garantizarnos resultados favorables para el año 2020, por lo que se proponen mejoras equivalentes a un paquete de toma de decisiones que brinde soporte a la empresa de manera sostenible. Se propone lo siguiente:

- Una herramienta informática en el MS-Office con macros, la cual nos permitirá la determinación de los rendimientos reales y de los montos a cobrar desde una manera didáctica y actualizable.

- Un plan de capacitación durante el año 2020, el cual tenga como objetivo explicar el uso del formulario propuesto y sus actualizaciones.

Para ello se requiere una inversión necesaria para la propuesta de mejora en los próximos 5 años es S/ 91,100.00 con financiamiento del 100%, debido a los problemas económicos que la empresa atraviesa, además fue proyectado en un flujo de caja y para hallar la efectividad del proyecto se utilizaron los indicadores de viabilidad, el VAN financiero corresponde a S/ 284,307.56 y el TIR Financiero corresponde al 133%, superando ampliamente al TMAR de 20%, además se obtuvo un beneficio costo en la empresa de S/ 1.10 que nos demuestra que por cada sol invertido se obtiene S/ 0.10 de utilidad, por lo tanto, se puede concluir que el proyecto es viable. Ver tabla VIII.

TABLA VIII
EVALUACIÓN ECONÓMICA - FINANCIERA DEL PROYECTO

INDICADORES DE VIABILIDAD DE INVERSIÓN	
VAN Económico	S/ 357,032.16
VAN Financiero	S/ 284,307.56
TIR Económico	160%
TIR Financiero	133%
Beneficio - Costo	S/ 1.10

IV. DISCUSIÓN

Se logró realizar un diagnóstico situacional de la empresa molinera de arroz, hallando pérdidas económicas que ascienden a S/ 203,700, ocasionando que su rentabilidad económica se encuentre en un 2.11% muy por debajo de la media del sector. En la referencia [13], detectó en su investigación que la mala previsión de sus ventas estaba impactando en sus costes de inventario e ingresos por incumplimiento de pedidos demostraron que la empresa Boleco SA presentaba una disminución en su rentabilidad del 1% en el 2019 con respecto al 2018, el cual nos permite discutir que la mala toma de decisiones afecta económicamente a las empresas.

Se validó un modelo de regresión múltiple significativo y ajustado al proceso de molienda para mejorar los resultados del análisis de calidad siendo el modelo matemático el siguiente: $Y = 0.001 + 0.9317X_1 - 0.000339X_2$, donde Y = Rendimiento Real, X1 = Análisis de Calidad y X2 = Sacos Procesados y un $R^2 = 95.81\%$. Por su parte, en la referencia [13], diseñaron el siguiente modelo matemático como solución a su problemática: $Ventas = -342239.02 + 1524.72 \text{ Clientes} + 0.11 \text{ Costo de Ventas} + 29286.48 \text{ Capacidad de Bolsa}$, con un $(R^2 = 88.9\%)$. Ambas investigaciones demostraron resultados objetivos porque utilizaron la metodología “Análisis de Regresión Múltiple” de J. Hair, et al (1999), comprobando así la eficacia de esta.

Se simuló el modelo de regresión múltiple con Montecarlo obteniendo ingresos de S/ 3,263,787.74 para el año 2020. En la referencia [13], demuestran una mejora en sus ventas del 15% con proyecciones realizadas en su investigación, el cual nos indica la potencia de la regresión múltiple para demostrar el efecto de las decisiones en eventos futuros.

Se determinó la variabilidad del rendimiento económico de la empresa molinera de arroz, en donde se ve una mejora en los indicadores de rentabilidad: el Margen de Utilidad incrementó al 9.34% y el ROA incrementó hacia un 15.92%. Estos resultados se apoyan de lo sustentado en la referencia [14] que afirma que las mejoras en la calidad impactan de manera positiva la rentabilidad de la organización.

IV. CONCLUSIONES

Se demostró que la implementación de un modelo predictivo ajustado al proceso de molienda incrementa las utilidades de la empresa en S/ 124,052.66 para el año 2020, el cual representa un crecimiento del 10.53% en su rentabilidad económica.

Se realizó el diagnóstico situacional en la empresa molinera de arroz, donde se pudo identificar el principal problema que afecta su rentabilidad y es la estimación empírica de los por porcentajes de Quebrado de los lotes en el área de calidad, la cual viene generando pérdidas trimestrales de S/ 50.925,00.

Las pérdidas económicas que genera el problema afectan la rentabilidad de la empresa haciendo que sus márgenes se encuentren por debajo de la media del sector, siendo su Margen de Utilidad el 1.5% y el rendimiento de sus activos (ROA) en un 2.71%.

Se utilizó Minitab19 para el Análisis de Regresión Múltiple para determinar el siguiente modelo matemático: Rendimiento Real = 0.001 + 0.9317 * Análisis de Calidad - 0.000.339 * Sacos Procesados, siendo significativo y ajustado al proceso de molienda pues se obtuvo un $R^2_{pred} = 95.81\%$ y un estadístico PRESS = 47.5168.

Se realizó una simulación con Montecarlo para todo el 2020 a la ecuación de regresión múltiple para estimar los ingresos y se obtuvo un ingreso anual de S/ 3,263,787.74 y una mejora del 3.94%.

Se determinó la variabilidad económica de empresa proyectando sus estados financieros y se notó un incremento al 9.34% del Margen de Utilidad y el ROA incrementó hacia un 15.92%.

La implementación de esta propuesta involucra una financiación de S/ 91,100.00, los cuales al realizar la evaluación económica se obtiene un Van Financiero de S/ 284,307.56, un TIR Financiero de 133% y un Beneficio-Costo de S/ 1.10, superando al TMAR del 20% de la empresa, por lo que la propuesta de inversión es viable para la empresa.

REFERENCIAS

- [1] FAO, «Perspectivas Agrícolas 2017-2026,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/a-BT099s.pdf>. MINAGRI. (2019). *Ministerio de Agricultura y Riego*. Fonte: <https://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/26-sector-agrario-arroz/218-produccion>
- [2] MINAGRI, «Ministerio de Agricultura y Riego,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/26-sector-agrario-arroz/218-produccion>.
- [3] MINCETUR, «Reporte Comercial de Productos de Arroz,» Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, Lima, 2018.
- [4] MINAGRI, «IV CENSO NACIONAL DE ARROZ: En molinos, almacenes y comercios mayoristas 2019,» Ministerio de Agricultura y Riego, Lima, 2019.
- [5] C. Najar y M. Alvarez, «Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz,» *Diseño y Tecnología*, pp. 22-32, 2007.
- [6] K. Aurich y S. Roque, «Diseño del Sistema HACCP en planta de arroz pilado,» Repositorio Universidad Pedro Ruiz Gallo, pp. 1-63, 2012. INDECOPI. (18 de 09 de 2014). *Norma Técnica Peruana (NTP): 205.011*. Fonte: www.indecopi.gob.pe
- [7] INDECOPI, «Norma Técnica Peruana (NTP): 205.011,» 18 09 2014. [En línea]. Available: www.indecopi.gob.pe.
- [8] R. Hernández-Sampieri y C. Mendoza, *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, Ciudad de México: Mc Graw Hill Education, 2018.
- [9] E. Garro, «7 Herramientas de la Calidad», Pxs School of Excellence, 2017, pp.3-6.
- [10] J. Hair, R. Anderson, R. Tatham y W. Black, *Análisis Multivariante*, Madrid: Pearson Prentice Hall, 1999.
- [11] R. Chase y R. Jacobs, *Administración de Operaciones y Cadenas de Suministro*, Décimoquinta ed., Mexico D.F: Mc Graw Hill Education, 2018.
- [12] D. Anderson y D. Sweeney, «Métodos Cuantitativos para los negocios», 13 va edición., Mexico D.F, Cengage Learning, 2015.
- [13] G. Forero y J. Martínez, «Modelo de Regresión Lineal Múltiple para el pronóstico de ventas de bolsas ecológicas para la empresa Boleco SA, en la ciudad de Bogotá DC,» Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, 2020.
- [14] J. Forero, L. Bohórquez y A. Lozano, «Impacto de la Calidad en la Rentabilidad,» *Ingeniería*, pp. 42-50, 2008