

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Simulación de Montecarlo en el análisis de riesgo para la introducción de  
un nuevo producto en el molino Induamerica**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**AUTOR**

Alexis Manuel Pardo Saavedra

**ASESOR**

Marcos Gregorio Baca López

<https://orcid.org/0000-0003-4741-0122>

**Chiclayo, 2023**

## TF PARDO CORREGIDO

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>12%</b>	<b>11%</b>	<b>0%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.esпам.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>macrosexcel.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>7</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>8</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>9</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>16</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>17</b>

## Resumen

Durante varios años, el proceso de la “simulación” se ha utilizado como una herramienta que permite comprender los diversos resultados ante posibles escenarios que se presentan. En el departamento de Lambayeque se encuentra el molino Induamerica, el cual se encarga de la recepción del arroz, proceso y empaquetado, para posteriormente distribuirlo en el norte peruano y ser vendido dicho sea el caso. Actualmente la empresa molinera trabaja en la creación de una línea de arroz de alta calidad, lo que lo hará único en su sector, en la cual previo a su lanzamiento, realizó estudios de costos y analizó el mercado. A partir de lo expuesto, se planteó como objetivo general determinar la probabilidad que tiene un producto nuevo de la empresa Induamerica para producir utilidades mediante la simulación de Montecarlo.

**Palabras clave:** Simulación de Montecarlo, Análisis de riesgos, Utilidad.

### **Abstract**

For several years, the "simulation" process has been used as a tool to understand the various results in possible scenarios that arise. In the department of Lambayeque is the Induamerica mill, which is in charge of receiving the rice, processing and packaging it, to later distribute it in the north of Peru and be sold, as the case may be. Currently, the milling company is working on the creation of a high-quality rice line, which will make it unique in its sector, in which, prior to its launch, it carried out cost studies and analyzed the market. Based on the above, the general objective was to determine the probability of a new product from the company Induamerica to produce profits through the Monte Carlo simulation.

**Keywords:** Monte Carlo simulation, Risk analysis, Utility.

## Introducción

Durante varios años, el proceso de “simulación” se ha utilizado como una ayuda que permite comprender los diversos resultados de los posibles casos que se quieren presentar. Los expertos coinciden en que el proceso de simulación es una herramienta que puede promover el desarrollo tecnológico y la sustentabilidad, a través de las cuales se pueden fortalecer y generar nuevas capacidades para mejorar la eficiencia de los recursos existentes de la empresa.

El propósito del diseño del modelo de simulación no es encontrar la mejor solución o solución óptima como la programación lineal o el análisis de decisiones, sino evaluar diferentes alternativas y tomar decisiones basadas en la comparación de los resultados.

Hay una gran cantidad de programas de simulación, sin embargo, como algoritmo de modelado simple y efectivo, el método Monte Carlo tiene resultados instantáneos y seguros.

Anteriormente, Induamerica lanzó una marca nueva, en la cual previo a su lanzamiento, realizó estudios de costos y análisis del mercado. Aun así, las ventas no fueron las mejores, pues no se realizó un correcto estudio, y más que todo, no se realizó una simulación de las utilidades obtenidas, las ganancias brutas para Induamerica alcanzaron apenas los 35 000 nuevos soles, lo cual es una utilidad muy baja para una empresa con tanta experiencia en el mercado peruano.

A partir de lo mencionado, en el departamento de Lambayeque se encuentra el molino Induamerica, el cual se encarga de la recepción del arroz, proceso y empaquetado, para posteriormente distribuirlo al Perú y ser vendido dicho sea el caso. Actualmente la empresa molinera trabaja en la creación de una línea de arroz de alta calidad, lo que lo hará único en su sector.

Frente a la problemática mencionada, surge la interrogante: ¿De qué manera influye en la introducción de un nuevo producto la simulación de Montecarlo en el análisis de riesgo en el Molino Induamerica?

A partir de lo expuesto, se planteó como objetivo general determinar la probabilidad que tiene un producto nuevo para producir utilidades mediante la simulación de Montecarlo. Para lograr este objetivo, se han formulado las siguientes metas específicas: Diagnosticar la situación actual de la empresa, diseñar un modelo de simulación para determinar las utilidades futuras y finalmente evaluar escenarios alternativos.

## Marco teórico

### Antecedentes

C. E. Azofeifa [1] en su artículo titulado “*Aplicación de la Simulación Monte Carlo en el cálculo del riesgo usando Excel*”, tiene como objetivo principal que la simulación realizada determine la probabilidad, que tiene un producto nuevo de producir un beneficio u ganancia. Se desarrolló un modelo que relaciona la utilidad con las distintas entradas probabilísticas como, la demanda, materia prima, costo de la mano de obra, entre otros. Se pudo evidenciar que, para simulación 70 veces repetidas, con diferentes porcentajes, la probabilidad de pérdida es de un 7,1%.

J. Bernal y M. Bernal Pérez [2], en su artículo titulado “*La simulación como herramienta para la mejora en el uso de recursos empresariales*” documentan la forma de aplicar el modelo Montecarlo a una prueba destructiva para monitorear el nivel de calidad de soldadura de una empresa procesadora de metales en México, proponiendo ahorros considerables al reducir el nivel y costo de la chatarra. Analizando los resultados de la prueba destructiva simulada, se obtuvo un porcentaje de falla de 3.282%, el cual se comparó estadísticamente con el 4.23% histórico.

A. Garrido y E. M. Conesa [3], en su artículo “*Simulación por el método de Monte Carlo para generar criterios de aceptación en el control de calidad de productos de construcción*” documentaron la forma de aplicar el modelo Montecarlo a una prueba destructiva que monitorea el nivel de calidad de soldadura de una empresa procesadora de metales en México. Según los registros, el número de requisitos de calidad fallidos llegó a 317 unidades, lo que representa el 4,23%. Los resultados de la simulación muestran que la tasa de falla es de 3.282%, lo cual es efectivo para reducir el número de pruebas comparándolo estadísticamente con el 4.23% histórico.

D. F. Manotas Duque [4], en su artículo titulado “*Análisis de riesgo en evaluación de proyectos: aplicando técnicas de simulación*”, propone una metodología para realizar análisis de riesgo en proyectos de inversión en tres pasos: Definición y formulación del problema, Recolección de Información y Construcción del Modelo del proyecto. A La metodología desarrollada se le puede hacer unas mejoras, ya que hace que el proyecto presente un valor neto promedio de \$7 476 con una desviación estándar de \$ 6 320, lo cual representa una gran incertidumbre evidente.

En el artículo “*Análisis de riesgo y simulación de Monte Carlo en la valoración de proyectos– aplicación en la industria de los hidrocarburos*” de Díaz Guardia Et al. [5], presentan una metodología que permite desarrollar una evaluación financiera, basada en un análisis de riesgo que integra variables técnicas y financieras, mediante el uso de diagramas y simulación de Monte Carlo. Al realizar la corrida de la simulación, la oportunidad de obtener valores negativos fue 40%, lo cual es un valor muy elevado para una industria de este tamaño. En el artículo de Huerta Palau [6] “*La manera de resolver problemas de probabilidad por simulación*”, describe cómo resolver el problema mediante la simulación, la cual la divide en cuatro etapas, así como el método de solución utilizando contenido heurístico en múltiples pasos: Fase 1, exploración de la situación real, de lo que está sujeto a incertidumbre y no lo está. Fase 2, juicios subjetivos, derivados del análisis de la situación real. Fase 3: explorar hasta qué punto es fiable o creíble la conjetura y fase 4, experimentar o simular.

En el artículo “An application of the Monte Carlo Method in the Risk Analysis of Projects: Its automatization through an electronic spreadsheet” de [7] de M. C. Périssé y M. L. Pepe, presentan la aplicación de un programa en el análisis de ingresos por inversiones, específicamente cómo operar el programa Microsoft Excel y la construcción del método Monte Carlo utilizado en la evaluación de proyectos de inversión. Para fines de la presente investigación, lo que se tomara en cuenta del artículo citado es la parte metodológica, ya que se desea construir un modelo de evaluación.

C. L. Bazzani C. y E. A. Cruz Trejos [8], en su artículo “*Risks analysis in projects of investment Study case*” explicaron un modelo determinístico con información puntual. Con base a esto, se implementa el modelo aleatorio que expone 10 000 escenarios para analizar. Además, la rentabilidad de la inversión esperada, según el modelo estocástico, es del -9.77%, es decir, no alcanza a cumplir con la tasa de oportunidad propuesta para el proyecto de 30%.

## **Materiales y métodos**

### ***Tipificación de la investigación.***

El tipo de investigación que se va a emplear es la denominada Investigación Descriptiva, puesto que se desea informar y describir un modelo de simulación.

### ***Método de investigación***

El método de Investigación es Cuantitativa de carácter Descriptiva.

### ***Diseño de la investigación.***

Se utilizará el diseño exploratorio dado que da a conocer y definir el problema, además permitirá identificar cursos de acción alternativo.

### ***Técnicas e instrumentos de recolección de datos***

Para la obtención de la información pertinente en la investigación y el desarrollo de este se debe de contemplar, tanto técnicas como instrumentos que ayuden a la recolección, el análisis, el posterior procesamiento y su interpretación.

**Observación:** Esta técnica permitirá ubicar la situación problemática, clasificando información, así como datos, para posteriormente ser analizados.

**Ficha bibliográfica:** Mediante este instrumento se va a seleccionar la información requerida para proponer un correcto modelo de simulación.

**Análisis documental:** A partir de esta técnica se realizará revisiones en artículos científicos, libros y tesis.

## **Resultados y discusión**

### ***Diagnóstico de la situación actual de la empresa***

El análisis financiero y de marketing preliminar del Molino Induamerica permitió determinar el precio de venta y el presupuesto administrativo y publicitario para el primer año.

- Precio de venta = 85 S/.
- Costos administrativos = 60 000 S/.
- Costos publicitarios = 24 500 S/.
- Costo total = 84 500 S/.

No obstante, el costo de mano de obra (MOD), los costos de los componentes (CP) y la demanda (D) del primer año de este nuevo tipo de arroz no están completamente claros, por lo que se considera el dato probabilístico del modelo. A partir de esto, como base de la experiencia pasada, los valores anteriores se estiman de la siguiente manera, a saber:

- Costo de MOD = 48 S/.
- Costo de componentes = 25 S/.
- Demanda pronosticada = 14 500 unidades

Los valores mencionados anteriormente, se requirió para un análisis del potencial de utilidades del nuevo producto durante su primer año. Para ello tenemos:

- $C_{MOD}$  = Costo de mano de obra por unidad
- $C_{CP}$  = Costo de componentes por unidad
- $D$  = Demanda

Por consiguiente, el modelo se describió como:

$$\text{UTILIDAD} = \text{INGRESO TOTAL} - \text{COSTO TOTAL}$$

$$\text{UTILIDAD} = (85 - C_{MOD} - C_{CP}) D - (84\ 500)$$

Por ejemplo, si sustituimos los mejores valores estimados por el área financiera de la empresa, se tiene la siguiente proyección de las utilidades:

$$\text{UTILIDAD} = (85 - 48 - 25)14\ 500 - (84\ 500)$$

$$\text{UTILIDAD} = 89\ 500\ \text{S/}.$$

Por lo tanto, a partir de las observaciones, nos damos cuenta de que esta situación es muy conveniente, pero qué pasará si las estimaciones anteriores no sucedieron como se esperaba. La empresa a lo largo de sus años estima un rango en que los costos de mano de obra pueden oscilar entre 39 y 55 Nuevos Soles por saco, y los costos de los componentes oscilan entre 35 y 45 Nuevos Soles, la demanda para el primer año se estima entre 6 000 a 60 500 sacos. Con base en esto, se evaluó un escenario optimista y otro pesimista. Lo cual demuestra que las utilidades se ubican en un rango desde una pérdida de 219 500 S/. a una utilidad de 581 000 S/. como se muestran a continuación.

$$\text{UTILIDAD}_{\text{OPTIMISTA}} = (85 - 39 - 35)60\ 500 - (84\ 500) = 581\ 000\ \text{S/}.$$

$$\text{UTILIDAD}_{\text{PESIMISTA}} = (85 - 55 - 45)9\ 000 - (84\ 500) = -219\ 500\ \text{S/}.$$

### *Diseño del modelo de simulación*

El siguiente paso que se realizó, fue el de simular escenarios hipotéticos, ingresando valores generados aleatoriamente para diferentes probabilidades del problema, para ello es necesario ingresar un valor generado para una probabilidad representativa. Por consiguiente, para generar estos valores, es necesario conocer cuál es la distribución de probabilidad de cada entrada, como se muestra a continuación:

Costos	Valores
MOD por unidad	Desde 39 S/. hasta 45 S/.
CP por unidad	Desde 25 S/. hasta 35 S/.

Tabla 1. Valores estimados por la empresa Induamerica.

Fuente: Induamerica. Elaboración propia.

Costo de MOD	Probabilidad
39	0.05
42	0.2
45	0.3
48	0.3
50	0.1
55	0.05

Tabla 2. Distribución de probabilidad para el costo de MOD

Fuente: Induamerica. Elaboración propia.

Para el caso de la demanda, la empresa estima que venderán una media de 60 500 unidades, con una desviación estándar de 4 000 unidades. Cabe resaltar que, durante la simulación, tanto el precio de venta, el costo administrativo y los costos publicitarios se mantuvieron fijos.

### Generación de valores para el CP:

Se utilizó la relación dado por M. C. Périssé y M. L. Pepe [5], la cual consiste en:

$$CP = V_{\text{menor}} + A(V_{\text{mayor}} - V_{\text{menor}})$$

- $V_{\text{menor}}$  = valor más pequeño para el CP
- $V_{\text{mayor}}$  = valor más alto para el CP
- $A$  = número aleatorio entre 0 y 1

Entonces con los datos mencionados,  $V_{\text{menor}} = 25$ ,  $V_{\text{mayor}} = 35$ , la ecuación que se aplicara en la simulación quedaría así:

$$CP = 25 + A(35 - 25)$$

$$CP = 25 + A(10)$$

### ***Generación de valores para D***

Como se menciona en apartados anteriores, la empresa Induamerica tiene pronosticada una demanda media con su respectiva desviación estándar.

A partir de esto, se usará la función DISTR.NORM.INV, ya que es una función estadística que devuelve la inversa de la distribución acumulativa normal con la media y la desviación estándar especificadas [9].

### ***Ejecución del modelo de simulación***

Cada prueba en la simulación implica generar valores aleatorios para las entradas de probabilidad (costos de MOD, CP y D) y luego calcular la ganancia. Cuando se ha realizado un número satisfactorio de pruebas, la ejecución de la simulación finaliza, en esta situación 1000 casos. La siguiente tabla muestra una simulación con 10 pruebas de las 1000 realizadas como ejemplo.

<b>Ensayo</b>	<b>Costo de MOD / unidad</b>	<b>Coste de componentes / unidad</b>	<b>Unidades vendidas</b>	<b>Utilidad</b>
1	48	30,728	60805	S/ 296,857.005
2	45	30,301	57144	S/ 469,757.215
3	45	32,163	54676	S/ 343,979.970
4	48	25,537	61453	S/ 619,915.502
5	50	34,740	65611	-S/ 67,414.881
6	55	29,964	63118	-S/ 82,196.389
7	48	31,064	58599	S/ 263,348.658
8	45	26,091	71056	S/ 903,828.694
9	48	34,818	62668	S/ 52,211.239
10	48	30,067	65980	S/ 372,961.021

Tabla 1. Simulación realizada para las entradas de probabilidad.

Elaboración propia.

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA</b>	
Media	463 806.027
Error típico	8732.954
Mediana	471545.557
Moda	#N/D
Desviación estándar	276 160.2454
Varianza de la muestra	76 264 481 139
Curtosis	-0.0410
Coefficiente de asimetría	-0.0926
Rango	1 613 314.7
Mínimo	-34 7371.298
Máximo	1 265 943.401
Suma	463806027.3
Cuenta	1000
Nivel de confianza (95.0%)	17 137.037

Tabla 2. Estadística descriptiva del proyecto.

Elaboración propia.

En la Tabla 4, hace referencia a una estadística descriptiva, que analizó los datos obtenidos en la simulación con el fin de concluir sobre el comportamiento de las variables.

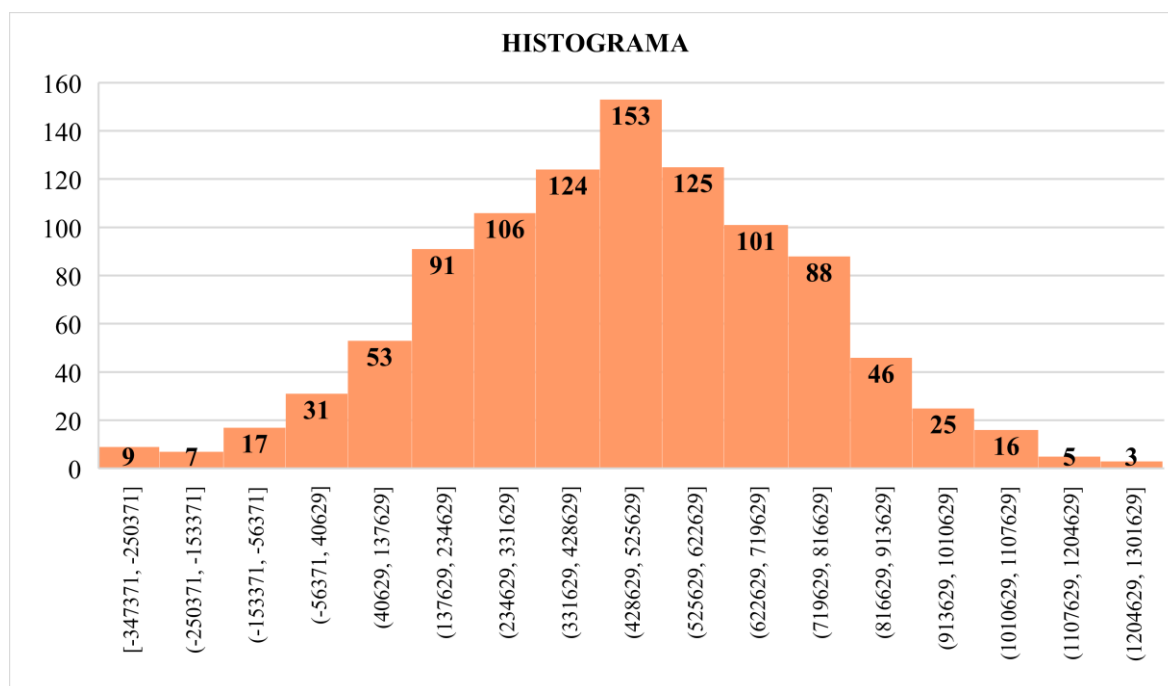


Ilustración 1. Histograma.

Elaboración propia.

En la Ilustración 1, se aprecia el histograma de utilidades obtenidas en la simulación, el pico de los datos ocurre en torno a las S/. 428 629 a S/. 525 629 con 153 repeticiones. En cuanto a la dispersión de datos, estos oscilan con un valor mínimo desde los – S/. 347 371 hasta los S/. 1 301 629 como valor máximo alcanzado en la simulación.

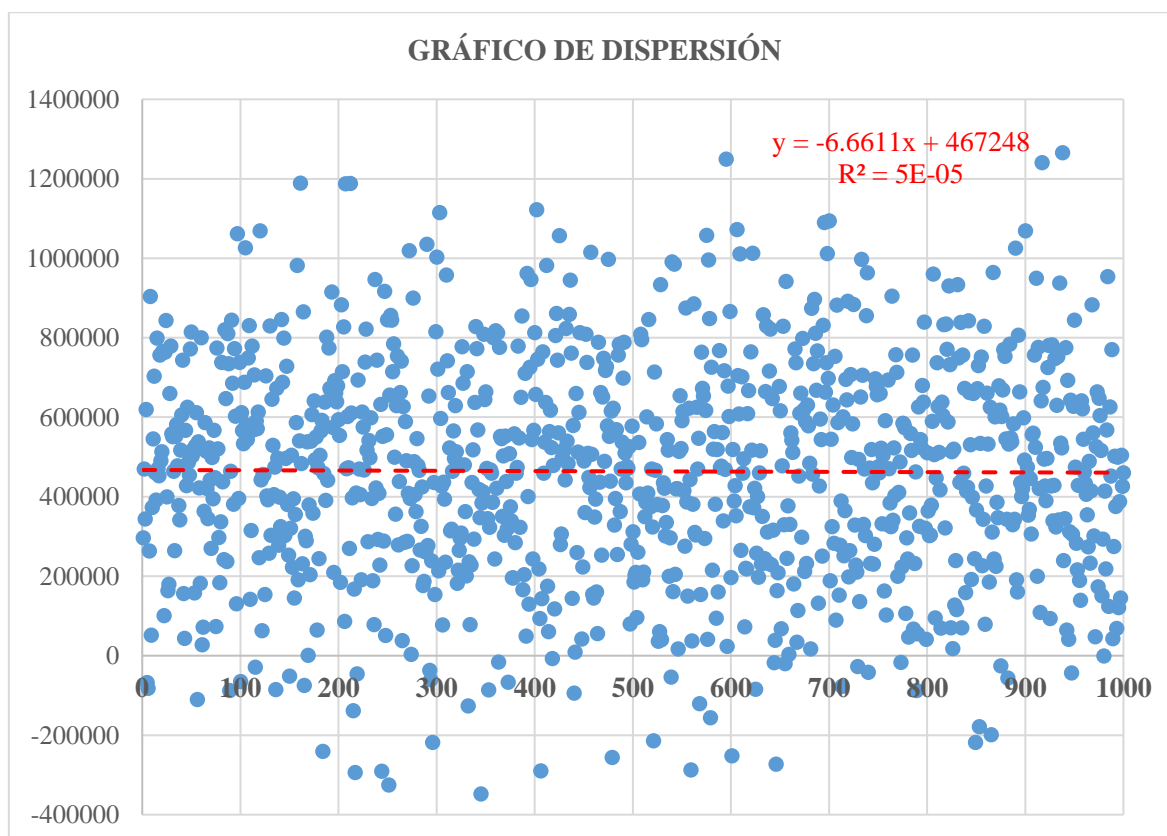


Ilustración 2. Gráfico de dispersión con línea de tendencia.

Elaboración propia.

### ***Evaluación de escenarios alternativos***

Como escenario alternativo y más apegado a los nuevos precios del mercado, es que los costos de componentes subían, y eso afectaría también a los costos administrativos. La proyección de la demanda se mantendría al igual que su desviación estándar.

Partiendo esto, se genera una nueva data:

- Gastos administrativos: 100 000 S/.
- Coste de componentes: De 30 S/. a 40 S/.

<b>ALTERNATIVA ESTADISTICA DESCRIPTIVA</b>	
Media	123 302.3504
Error típico	8 690.484525
Mediana	12 4042.7809
Moda	#N/D
Desviación estándar	274 817.2507
Varianza de la muestra	75 524 521 287
Curtosis	-0.303583535
Coficiente de asimetría	-0.067190567
Rango	1 602 547.014
Mínimo	-720 434.8311
Máximo	882 112.1831
Suma	123 302 350.4
Cuenta	1000
Nivel de confianza (95.0%)	1 7053.6981

Tabla 3. Estadística descriptiva alternativa del proyecto.

Elaboración propia.

En la corrida simulada observamos que, aun así, con el alza del precio, la empresa Induamerica aún tendría posibilidades de generar utilidades muy altas. Lo que si sufre una variación abrumante son las utilidades negativas, alzando el 33,8%, lo cual es un valor muy elevado para la prueba realiza con 1 000 corridas.

## Conclusiones

- En evaluación de proyectos, la definición del problema hace referencia al objeto central de análisis que es valorar la factibilidad de una cierta decisión, en este caso fue si el producto nuevo que espera lanzar la empresa Induamerica tenga una utilidad necesaria para cubrir todos los gastos mencionados en el proyecto. Para esto, la empresa presento como data que la demanda de este producto sería de 60 500 unidades para el primer año, con una desviación estándar de 4 000 unidades. Por consiguiente, en cuanto a los costos administrativo y publicitarios fueron S/. 60 000 y S/. 24 500 respectivamente.
- Se diseñó un modelo de simulación de Monte Carlo para determinar las utilidades futuras que espera tener la empresa Induamerica, obteniendo resultados muy satisfactorios para el proyecto. Primero se tiene que, de las 1000 corridas simuladas, solo 49 de estas tienen una utilidad con valor negativo, es decir, solo el 4,9% del total. Luego se obtuvo que, se espera tener una utilidad media de S/. 463 806.027, lo cual supera por mucho a su anterior producto que obtuvo como utilidad S/. 35 000. Además, a un 95% de confianza, se espera tener como mínimo una utilidad bruta de 17 137 por mes para Induamerica.
- Finalmente se llegó a evaluar un escenario alternativo, en cual se supone el alza de los costos de mano de obra, gastos administrativos, entre otros. En la corrida simulada observamos que la empresa Induamerica aún tendría posibilidades de generar utilidades. Lo que si sufre una variación abrumante son las utilidades negativas, alzando el 33,8%, lo cual es un valor muy elevado para la prueba realiza con 1 000 corridas. También se encontró una desviación estándar muy elevada, lo cual genere mucha inseguridad para producir este nuevo tipo de arroz de la empresa.

## Referencias

- [1] C. E. Azofeifa, «Aplicación de la Simulación Monte Carlo en el cálculo del riesgo usando Excel,» *Tecnología en Marcha*, vol. 17, n° 1, pp. 97-109, 2004.
- [2] J. V. Bernal y M. B. Bernal Pérez, «La simulación como herramienta para la mejora en el uso de recursos empresariales,» n° 15, pp. 41-54, 2017.
- [3] A. Garrido y E. M. Conesa, «Simulación por el método de Monte Carlo para generar criterios de aceptación en el control de calidad de productos de construcción,» vol. 61, n° 515, pp. 77-85, 2019.
- [4] D. F. Manotas Duque, «Análisis de riesgo en evaluación de proyectos: aplicando técnicas de simulación».
- [5] V. M. Díaz Guardia, M. Castillo Torres, C. E. Vecino Arenas, R. Hernán Castro, G. Maya Toro y O. Bravo Mendoza, «Análisis de riesgo y simulación de Monte Carlo en la valoración de proyectos– aplicación en la industria de los hidrocarburos,» *Revista Fuentes: El Reventón Energético*, vol. 9, n° 2, pp. 33-41, 2020.
- [6] M. P. Huerta Palau, «La manera de resolver problemas de probabilidad por simulación,» pp. 13-16, 2017.
- [7] M. C. Périssé y M. L. Pepe, «An application of the Monte Carlo Method in the Risk Analysis of Projects: Its automatization through an electronic spreadsheet,» vol. 5, n° 4, 2017.
- [8] C. L. Bazzani C Y E. A. Cruz Trejos, «Risks analysis in projects of investment Study case, » *Scientia et Technica*, n° 39, pp. 1-6, 2018.
- [9] Ascensio System SIA, «Función DISTR.NORM.INV,» 2021. [En línea]. Available: <https://n9.cl/16dk9>. [Último acceso: 29 noviembre 2021].